

В.А. ИВАНОВ

**КОНЦЕПЦИИ
СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

**ИЖЕВСК
2018**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА ЭКОНОМИКИ

В.А. ИВАНОВ

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Курс лекций

(Модули 1 и 2)

**ИЖЕВСК
2018**

УДК 1:001(075.8)
ББК 20в1я75
И 201

Рекомендовано Учебно-методической комиссией ИЭиУ ФГБОУ ВО «УдГУ», протокол № 33 от 28.06.2017.

Иванов В.А.

И 201 Концепции современного естествознания. Курс лекций (модули 1 и 2).
Ижевск. Изд-во ИЭиУ ФГБОУ ВО «УдГУ». 2018. 167 с.

Курс лекций предназначен для студентов специальности «Экономическая безопасность» и направления «Государственное и муниципальное управление» очной, заочной и дистанционной форм обучения.

УДК 1:001(075.8)
ББК 20в1я73

© В.А. Иванов, 2018

© ИЭиУ ФГБОУ ВО «УдГУ», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Эволюция естественнонаучной картины мира.....	5
1.1. Естественнонаучная и гуманитарная культуры.....	5
1.2. Научный метод.....	16
1.3. История естествознания и тенденции его развития.....	28
1.4. Развитие представлений о материи.....	49
1.5. Развитие представлений о движении.....	60
1.6. Развитие представлений о взаимодействии.....	64
Вопросы для самоконтроля.....	71
Тесты.....	73
Литература.....	85
2. Пространство, время, симметрия.....	86
2.1. Эволюция представлений о пространстве и времени.....	86
2.2. Специальная теория относительности.....	92
2.3. Общая теория относительности.....	105
2.4. Симметрия и законы сохранения.....	125
Вопросы для самоконтроля.....	140
Тесты.....	142
Литература.....	150
Ответы к тестам.....	151

ВВЕДЕНИЕ

Структура лекционного курса дисциплины «Концепции современного естествознания» соответствует структуре *Федерального интернет-экзамена в сфере высшего профессионального образования* по данной учебной дисциплине и включает следующие шесть модулей:

- Эволюция естественнонаучной картины мира;
- Пространство, время, симметрия;
- Структурные уровни и системная организация материи;
- Порядок и беспорядок в природе;
- Панорама современного естествознания;
- Биосфера и человек.

Модули разбиты на лекционные темы, по каждой из которых приведены вопросы для самоконтроля и тесты-пробники, снабженные ответами. Разновидности тестов также соответствуют их версиям, используемым при проведении *Федерального интернет-экзамена* по дисциплине. Данный экзамен сдают студенты только очной формы обучения. Студенты всех прочих форм обучения по тестам такой же структуры сдают экзамен или зачет как обычные промежуточные формы контроля успеваемости по учебной дисциплине.

1. ЭВОЛЮЦИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА

1.1. Естественная и гуманитарная культуры

Исходным понятием *всей* дисциплины, а не только её первого модуля, является термин **«культура»**, означающий *исторически определенный уровень развития общества, творческих сил и способностей человека, выраженный в формах организации жизни и деятельности людей, а также в создаваемых ими духовных и материальных ценностях – продуктах соответствующих составляющих культуры* (рис. 1.1):

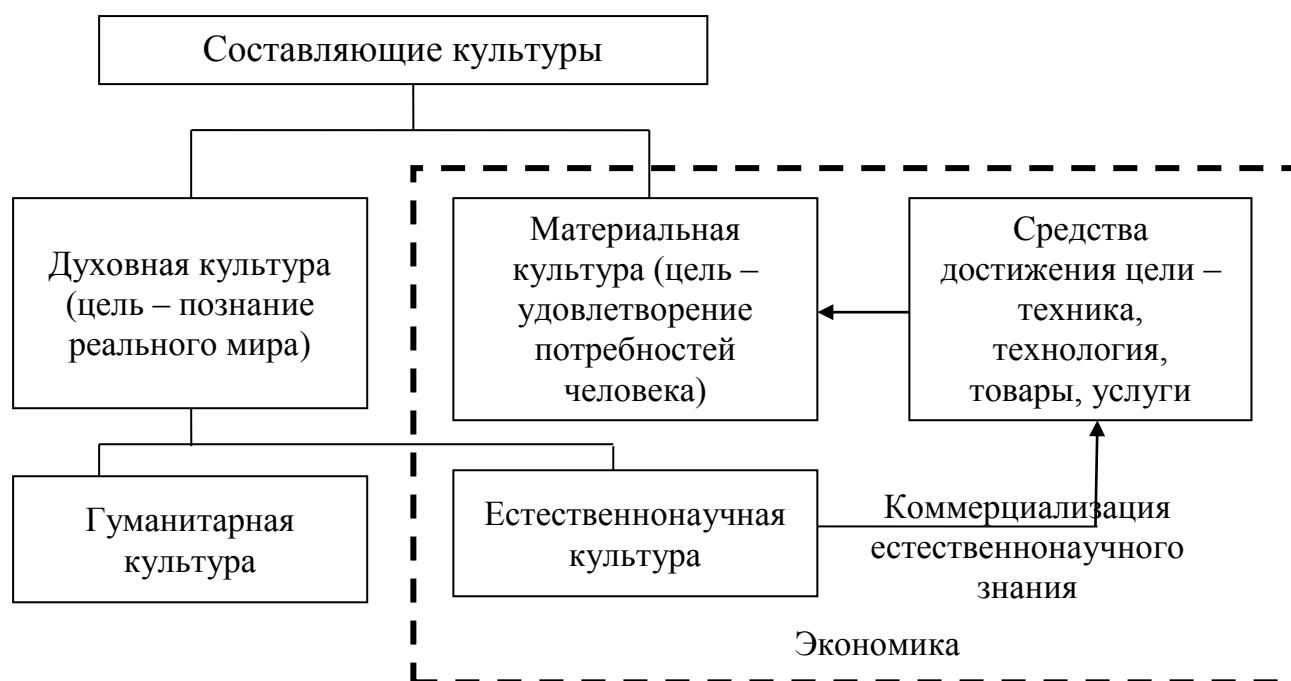


Рис. 1.1. Составляющие культуры и их цели

С помощью понятия культуры обычно подчеркивают *надприродный*, чисто *социальный* характер человеческого бытия, ибо культура – это все, что создано человеком **в добавление** к природе, хотя и на её основе. Наглядной иллюстрацией данного тезиса может служить известное рассуждение античного мыслителя и поэта Лукреция из его дидактической поэмы «О природе вещей» («De rerum natura») – если, допустим, посадить в землю черенок оливы, то из него вырастет новая олива, но если закопать в землю скамейку из оливы, то вырастет отнюдь не скамейка, а опять же новая олива! В итоге сохранится только *природная* основа этого предмета, а чисто *человеческая* – исчезнет. Но не тривиальная мысль о хрупкости продуктов материальной культуры, создаваемых человеком, является моралью приведенного примера. Главное в другом – *человеческая культура является результатом сначала познания (отображения) реального мира,*

природы (см. рис. 1.1), а затем, в зависимости от специфики полученного знания – его **практического** использования (там же). В соответствии с вышеописанной двойной (вечной **природной** и преходящей **человеческой**) сущью любых продуктов духовной культуры и выделяют две её составляющие. **Естественнонаучная культура изучает природу**, в том числе и человека, как составляющую природы **живой**, в силу чего эту культуру образуют одноименные (естественные) науки – физика, химия, биология, геология и др. Следствием практического (коммерческого, см. рис. 1.1) использования продукта этой культуры – естественнонаучного знания – является материальная культура и её продукты (там же). Гуманитарное же знание охватывает область явлений, в которых представлены свойства, связи и отношения **только людей**, как существ уже (в отличие от естественнонаучной культуры), во-первых, **социальных (общественных)**, и, во-вторых – **духовных (эмоциональных)**. Гуманитарная культура включает именно такие, изучающие **двойную** – коллективную и индивидуальную – **суть человека** науки (философию, историю, психологию и др.), а также искусство, религию, мораль, право и т.п., которые являются неперенными атрибутами опять же **человеческого** бытия, в силу чего и входят составными частями в гуманитарную культуру.

Сопоставительный анализ двух культур как «наук о природе» и «наук о человеке» (табл. 1.1) показывает, что *разнятся они практически всем* – постановкой и целями исследований, инструментарием познания, способами доказательства достоверности получаемого знания, формой его представления, отношениями тех или иных наук с обществом и т.д. Суть некоторых, наиболее важных из приводимых в данной таблице пар признаков-антагонистов, следует пояснить.

Различие в **объектах исследования** – мир природы и мир человека – является основным и потому первым критерием выделения специфики двух культур. Не менее важны **взаимоотношения объекта и субъекта исследования**. В естествознании субъект (человек) и объект познания (природа) разделены – человек как бы наблюдает реальный мир со стороны, отстраненно. В гуманитарной же сфере субъект и объект познания могут совпадать частично (человек и общество) или полностью (человек и его духовный мир) соответственно.

Заслуживает упоминания и разница в **степени устойчивости** природных и гуманитарных объектов исследования. Первые по сравнению с масштабами человеческой жизни необычайно *стабильны* – физик, например, знает, что изучаемая им звезда или элементарная частица практически не изменились со времен античности. Точно так же появление нового вида растений или животных требует не одной сотни, а то и тысячи лет. Динамика же событий *общественно и социально значимых* вполне сопоставима с *протяженностью жизни отдельного человека*, а то и вообще может быть *практически мгновенной*. Так, среднее и старшее поколение россиян

согласны с тем, что живут они совсем в другой стране по сравнению с той, в которой прошла их молодость. Можно привести примеры уникальных культурных явлений, массово и значимо изменивших эстетические вкусы людей – выход романа Дж. Джойса «Улисс», показ «Черного квадрата» К. Малевича, исполнение рок-оперы Э.-Л. Уэббера и Т. Райса «Иисус Христос – суперзвезда» и т.д.

Таблица 1.1

Различия между естественнонаучной и гуманитарной культурами

Сопоставительный признак	Естественнонаучная культура	Гуманитарная культура
Объект исследования	Природа, её процессы и явления	Человек, общество
Характер объекта исследования	Материальный, относительно устойчивый	Больше идеальный, чем материальный, относительно изменчивый
Субъект исследования	Человек	
Взаимоотношения объекта и субъекта исследования	Объект и субъект строго разделены	Объект и субъект частично или полностью совпадают
Функция исследования	Объяснение (истины доказываются)	Понимание (истины истолковываются)
Основной теоретический концепт (термин, выражающий истину, смысл)	Понятие	Ценность
Характер продукта (знания)	Количественный (математический)	Качественный (словесный, вербальный)
Метод исследования	Обобщающий, он же гипотетико-дедуктивный или научный метод	Индивидуализирующий, он же ценностно-дедуктивный или прагматический метод
Применение экспериментальных методов	Составляет основу исследований	Затруднено
Идеал познания (цель исследования)	Предельное обобщение (подведение всего единичного под всеобщий закон – единую теорию)	Достижение идентичности, т.е. нахождение уникального в единичном
Критерий достоверности	Обоснованность суждения (воспроизводимость, подтверждаемость)	Способность суждения (здравый смысл, вкус, такт)
Антропоцентризм	Изгоняется	Неизбежен
Идеологическая нагрузка	Идеологический нейтралитет	Идеологическая ангажированность
Виды деятельности (использования результата исследования – знания)	Экономика (см. рис. 1.1)	Общественные науки, искусство, науки о человеке, религия, этика и др.

Объяснение – понимание. Все в природе жестко обусловлено конкретными причинно-следственными связями, поэтому *объяснить* природный процесс или явление – значит выявить их причины и установить зако-

номерности, которым они подчиняются. Гуманитарная же культура имеет дело с предметом исследования не внешним, а внутренним по отношению к нам – явления духовные мы переживаем, как свои собственные. Поэтому *дела человеческие подлежат не рациональному объяснению, а эмоциональному пониманию* – познавательной процедуре, в которой мы можем, как бы поставить себя на место другого, чтобы почувствовать и пережить, как он, восторг, страх, нежность, отвращение и т.д. Таким образом, истины в науках о природе *доказываются* отысканием доступных *любому*, одинаковых и убедительных объяснений. Истины же в гуманитарных науках лишь *истолковываются* каждым из нас *индивидуально*, и поэтому мера понимания (или непонимания) чьих либо эмоций не может быть одинаковой даже для двух произвольно взятых людей.

Объяснение и понимание, как *разные* функции исследования (см. выше) предполагают и такие же *разные средства передачи информации*, т.е. *разный язык*. Истины доказываются с помощью *понятий*, которые *количественно описывают что-то общее* в изучаемых процессах и явлениях природы. Масса, энергия, параметры движения тела, реакционная способность (валентность) химического вещества – все это *численные категории*, которыми оперирует наука, как своими *понятиями*. Под *ценностями* же понимают общественную или личностную *значимость для человека* тех или иных явлений природной и социальной реальности, т.е. некие идеалы, позволяющие *оценивать* поступки людей или *предписывать*, как им поступать. В отличие от понятий *ценности (идеалы)* у каждого человека *свои*, и что такое «хорошо» (ценно), а что такое «плохо» (не ценно), он решает сам, поэтому ценности – красота, справедливость, любовь, свобода и т.д. – количественной меры не имеют. Отсюда понятно, почему *в гуманитарной культуре истины истолковываются с помощью ценностей* – мы судим о поступках других, или о событиях общественной жизни сугубо *индивидуально*, сообразуясь только со *своими* представлениями об этом (с нашими ценностями). Также очевиден и тот факт, что, в отличие от гуманитарного знания, знание естественнонаучное может быть только математическим (см. табл. 1.1) – «Великая книга Природы написана языком математики» (Галилей).

С двумя последними вышеописанными чертами, иллюстрирующими разницу в содержании естественнонаучной и гуманитарной культур, тесно связана *специфика* применяемых ими *методов исследования*. Для первой характерен метод *обобщающий* (выделяющий *общее* в вещах), для второй – *индивидуализирующий* (подчеркивающий *неповторимость, уникальность* явления). Суть обобщающего или *гипотетико-дедуктивного метода* такова:

$$\begin{array}{c} \Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n \\ \Gamma \\ \hline \text{Логическая дедукция} \\ \text{НФ} \end{array}$$

где, $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ – совокупность фактов об изучаемом явлении;

Γ – гипотеза (предположение, объясняющее их);

НФ – новый факт, который выводится (дедуцируется) из гипотезы Γ , как подтверждение её правоты.

Гипотетико-дедуктивный метод характерен именно для естествознания, он – визитная карточка науки, поскольку является, как будет показано ниже в теме 1.2, одной из важнейших и обязательных составных частей, то есть приемом (способом) инструментария научного познания – **научного метода**.

Дедукция (переход от общего к частному) присутствует и в методе исследования, применяемом в гуманитарной культуре, поэтому его второе название – *ценностно-дедуктивный метод*:

$$\begin{array}{c} C_1, C_2, \dots, C_n \\ \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_m \\ \hline \text{Интерпретационный вывод} \\ \Pi \end{array}$$

где, C_1, C_2, \dots, C_n – ситуации (их характеристика), в которых находится субъект (человек, социальная группа, общество и т.д.);

$\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_m$ – ценности, в соответствии с которыми совершаются поступки в ситуациях C_1, C_2, \dots, C_n ;

Π – поступок субъекта, предсказываемый толкованием ситуаций C_n , в которых он находится, с учетом его ценностей Π_m .

Поскольку ценностно-дедуктивный метод – это способ интерпретации поступков, главным образом, *людей*, его еще называют **прагматическим методом**.

Учение о методах науки (прагматическом, научном, экспериментальном и др.) и их системной организации называется *методологией познания*. Как видно из табл. 1.1, методология познания у естественных и гуманитарных наук является **разной во всех** своих составляющих.

Естествознание потратило немало усилий, чтобы избавиться от присущего ему на первых порах **антропоцентризма** – представления о якобы центральном месте человека в мироздании в целом. Более точно представляя реальные масштабы и бесконечное разнообразие форм существования мира, некоторые нынешние естествоиспытатели позволяют себе сравнивать человечество со случайно возникшим налетом плесени на задворках одной из мелких галактик, затерявшейся на просторах необъятной Вселенной. Сравнение, возможно, обидное, но при объективной оценке масштабов человеческой деятельности во Вселенной, может быть, даже и почетное.

На таком фоне подлинное утешение и необходимую дозу самоуважения предоставляют человечеству лишь гуманитарные науки. В них человек по-прежнему находится в центре внимания, являет собой главную ценность и важнейший объект интереса. Он носитель уникальных качеств

– разума, морали, гармонии, его внутренний мир соразмерен Вселенной. Гуманитарное знание **антропоцентрично** по своей сути.

Последним комментарием, иллюстрирующим разную сущность двух культур, является ответ на вопрос, поставленный на рис. 1.1 – *почему ресурсом развития экономики является только естественнонаучная культура?* Он очевиден – **научное знание является единственно верным** пониманием природных процессов и явлений, которое только и позволяет найти такие же **единственно правильные и потому наиболее эффективные пути управления** этими процессами и явлениями с хозяйственной (экономической) целью. Принцип любого управления – прежде чем пытаться чем-то руководить, надо это познать. Вся история науки – это предоставление человеку все новых и все более значимых возможностей экономического развития за счет увеличения объема и повышения достоверности её продукции – естественнонаучного знания (инструмента управления).

Несколько слов об **организации** науки, точнее, о **принципе** этой организации – **дисциплинарном**. Согласно ему вновь возникающие отрасли научного знания всегда обособлялись по **предметному** признаку – в соответствии с вовлечением в процесс познания новых фрагментов реальности. Вместе с тем, в этой системе «разделения труда» между научными дисциплинами существует особая группа наук, выполняющих противоположные, **интегрирующие** функции по отношению ко всем остальным разделам научного знания – математика («язык» всех наук), философия («мать» всех наук), кибернетика (общая теория управления), синергетика (универсальная теория эволюции) и т.д. Сейчас такой же особой, выделяемой не по предметному признаку, группой являются науки **междисциплинарные**, но об этом ниже. Большинство же наук по этому признаку, т.е. по объекту (предмету) исследования, делятся на три крупные группы – **естественные, общественные и технические**.

К **естественным наукам** (естествознанию – системе наук о природе) относят физику, химию, биологию, астрономию, геологию, медицину, географию и др. Их предметная область – все доступные человеку природные процессы, протекающие независимо от воли и сознания людей. **Это самая сложная совокупность наук**, поскольку представляет собой не просто арифметическую сумму отдельных фрагментов знания об одном объекте исследования, а **систему наук о природе**, взятых в единстве и взаимодействии, и представляющих собой одно целое. Продиктован такой системный подход **наивысшей сложностью** решаемой естествознанием задачи – познания реального мира. Аргументы в пользу целесообразности и эффективности использования именно такого подхода к решению данной задачи постараемся привести при изложении всех остальных модулей и тем дисциплины «Концепции современного естествознания».

Общественные науки (обществознание – система наук об обществе и о человеке) изучают явления социальной жизни – деятельность людей, их мысли, чувства, ценности, возникающие социальные институты и

процессы и т.д. В соответствии с такой своей сутью, делятся на *две подгруппы* – **социальные науки** (экономика, правоведение, социология, демография, политология, этнография, антропология и др.) и **гуманитарные науки** (философия, история, психология, культурология, педагогика, филология). Нетрудно видеть, что обе эти совокупности наук являются, естественно, составляющими гуманитарной культуры (см. выше).

Деление общественных наук на указанные две группы имеет основанием не только предмет исследования. *Социальные науки по методологии познания тяготеют к наукам естественным* – пользуются математическими методами исследования (см. табл. 1.1), пытаются *разделять* его объект и субъект (там же), добиваются *однозначной* интерпретации имеющегося эмпирического материала (также см. табл. 1.1). Гуманитарные же науки *объективно* ограничены именно гуманитарной методологией познания (там же).

Предмет исследования **технических наук** (материаловедения, технической механики, электротехники, сопротивления материалов, гидравлики, электроники, химической технологии и др.), точнее, их *цель* – *создание элементов материальной культуры* – техники, технологии, товаров и услуг – *путем коммерциализации научного знания* (см. рис. 1.1).

Существует также *деление наук по их функциям* – на науки **фундаментальные и прикладные**. И те, и другие в своем развитии проходят ряд стадий, на каждой из которых критериями этого развития выступают *функции*, последовательно осваиваемые науками той или иной группы по принципу «от простого к сложному» (или сверху вниз, как показано на рис. 1.2):

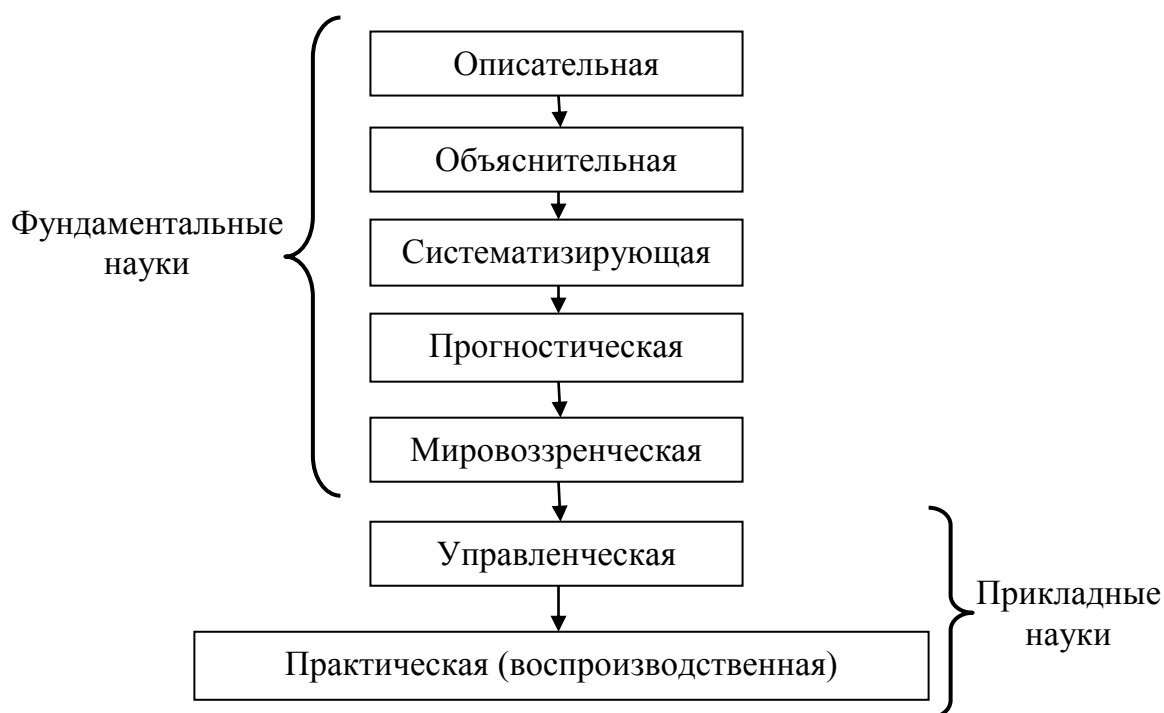


Рис. 1.2. Последовательность реализации наукой своих функций и их распределение между видами наук

Суть *описательной функции науки* – в изучении и фиксации свойств явления, *объяснительной* – в определении причин (в понимании или истолковании сути, см. табл. 1.1) этого явления. Содержание *систематизирующей функции* – отнесение получаемой информации к соответствующим классам и разделам научного знания как системы. *Прогностическая функция науки* – это её способность предсказывать поведение изучаемого объекта, а также предвидеть новые открытия на базе существующего знания. Последняя в эволюции фундаментальных наук (см. рис. 1.2) и наиболее сложно реализуемая их функция – *мировоззренческая*, заключающаяся в использовании полученных знаний для уточнения и повышения достоверности *естественнонаучной картины мира* (см. тему 1.3).

Функции прикладных наук носят, как и положено по статусу последних, сугубо прагматический характер. *Управленческая* – это воздействие на изученный (*и только поэтому поддающийся управлению*) процесс в хозяйственных (экономических) целях. Установили, например, в рамках *фундаментальных* исследований факт решающего влияния температуры на скорость катализа высокомолекулярных углеводородов, и химия нефти и газа (есть такая *прикладная наука*) разработала технологию высокотемпературного крекинга тяжелой нефти, которая позволяет его проводить максимально быстро, а, значит, и максимально дешево. А изготовленная (искусственно созданная, т.е. *воспроизведенная*) и прибыльно работающая установка высокотемпературного крекинга нефти (серийно выпускаемое промышленное оборудование) – это результат реализации *практической функции* этой прикладной науки. Данная функция – вершина, потому что только благодаря ей появляется принципиально *новое оборудование* – *главный источник экономического развития* – атомные реакторы, лазеры, томографы и др.

Соотношение классифицируемых по этим двум признакам наук очевидно. *Естественные науки могут быть только фундаментальными*, но, благодаря процессу коммерциализации своего продукта – научного знания (см. рис. 1.1) – они могут (конечно, не все и не сразу) «прорасти» в *сугубо прикладные технические науки* – классическая механика в детали машин и в аэродинамику, квантовая механика в промышленную электронику, биология в медицину и в биотехнологию и т.д. *Общественные науки*, если и претендуют на статус *прикладных*, то *только в части управленческой функции* (см. рис. 1.2), и то не все и не в полной мере. Так, *экономика* пытается руководить социально-экономическими микро- и макросистемами, но, как показывает практика, разрабатываемые ею «рецепты» управления далеко не всегда приводят к успешному результату. Точно так же под вопросом и принадлежность экономики к наукам *фундаментальным*, поскольку предсказывать, например, глобальные кризисы, т.е. выполнять прогностическую функцию (см. рис. 1.2), экономика, как оказалось, не умеет (последний мировой финансовый кризис 2008 года тому подтверждение).

Наконец, последней обособленной и самой новой (вторая половина 20 века) группой наук являются науки **междисциплинарные**, занимающиеся **пограничными** проблемами, предметные области которых **едины** для наук **разных** групп, описанных выше. Их появление – это естественное следствие развития процесса «разделения труда» в науке (см. выше), когда усложнение решаемых ею проблем (тоже процесс объективный) требует объединения усилий специалистов разных наук. Самый понятный пример такого рода – экологическая и социальная оценка коммерческих бизнес-проектов, т.е. сов-местная работа экологов, чиновников и экономистов с инженерами соответственно. То же самое – гуманитарная экспертиза работ генной инженерии, особенно в части, касающейся человека и т.д. В итоге в настоящее время имеется целый ряд наук, занимающих **промежуточное** положение, как между науками *одной* группы (астробиология, физическая химия), так и между науками *разных* групп (экономическая география, социальная психология, биоэтика). *Примером междисциплинарной формы знания является и дисциплина «Концепции современного естествознания»*, потому что решить свою задачу, о которой речь пойдет ниже, она сможет, только привлекая сведения из **разных** наук, причем, как это покажет освоение дисциплины, *не только естественных*.

Наличие в единой человеческой культуре двух разнородных типов знания – естественнонаучного и гуманитарного (см. рис. 1.1) – неизбежно должно было инициировать вопрос – кто из них «главнее» и кто «нужнее»? До рубежа 19-20 веков ответ на него сводился к компромиссу – «мы *разные* (см. табл. 1.1), и в безобидном споре «физиков» и лириков» победителя нет». Всё резко изменилось в 20 веке, особенно во второй его половине. Этот период характеризуется *невиданным ростом производительных сил техногенной цивилизации – капитализма* – который обеспечили достижения науки, коммерциализованные в виде новых, сверхпроизводительных и сверхмощных орудий труда. Продукты третьей промышленной революции (по концепции длинных волн макроэкономической конъюнктуры – 4 и 5 технологических укладов) – атомные реакторы, ИТ-технологии, космическая техника, лазеры и т.д. – стали достижениями именно естественнонаучной культуры. Гуманитарная же культура в этот период предъявить что-либо равноценное по значимости не смогла и в споре «физиков» и «лириков» вроде бы победили первые, но эта победа оказалась пирровой.

Результатом успехов науки и техники стало появившееся во второй половине 20 века явление, называемое **отчуждением (конфронтацией) естественнонаучной и гуманитарной культур**, или просто **проблемой двух культур**. Суть его – в *разном* отношении этих культур к породившему их реальному миру. Для гуманитарной культуры в этом плане *ничего не изменилось*, её цель, по-прежнему – познание человека и общества как составляющих этого мира (см. рис. 1.1) с использованием своих инструментов и методов (см. табл. 1.1). Такая цель предполагает **пассивное** отношение гумани-

тарной культуры к реальному миру, заключающееся только в его **познании**, т.е. созерцании и отображении (гносеология, теория познания).

Естественнонаучная же культура стала (причем, сама того не желая, см. ниже) инициатором **активного отношения человека к реальному миру, ставящего целью познание, а потом эксплуатацию природы**. «Природа не храм, а мастерская, и человек в ней – работник», слова, приписываемые И.В. Мичурину. Храмом природу *по-прежнему* считал гуманный, а мастерской *стал полагать* атеист-естественник. И вот когда этот «безбожник» увидел, что вручаемые ему наукой рабочие инструменты очень быстро становятся все более совершенными (впечатляющая динамика успехов коммерциализации научного знания за менее чем сто последних лет), он решил, что в этой мастерской (и с этой мастерской) он может делать все, что захочет. Иными словами, **следствием отчуждения двух культур стали** оформившиеся во второй половине 20 века **утрата человеком реальности мироощущения и формирование потребительского отношения к природе**. С одной стороны, человек оказался морально не готов к тому, что современные средства **разрушающего** (а оно и не может быть иным!) воздействия на природу с хозяйственной целью необходимо применять осторожно, так как **сила этого деструктивного воздействия уже соизмерима с силами конструктивными**, обеспечивающими устойчивость и стабильность этого мира. Есть вещи поважнее, чем прибыль, например, инстинкт самосохранения, но, как показывает практика мировой экономической деятельности, такой довод сейчас никого не убеждает. Поэтому, с другой стороны, человек считает себя хозяином мира, который **бесконтрольно и безвозмездно** изымает любые ресурсы из окружающей среды. Действительно, имея в руках технику, которая может скрыть гору, повернуть вспять реку, осушить болото или, наоборот, обводнить пустыню, трудно не возомнить себя богом. А если вспомнить про оружие массового поражения, с помощью которого простым нажатием кнопки можно уничтожить все живое, например, на целом континенте, то тем более.

Очевидно, что не наука виновата в таком положении дел. *Процесс познания с неизбежной коммерциализацией получаемого научного знания (см. рис. 1.1) остановить не дано никому*, поэтому наука и впредь будет вручать человеку все более совершенные орудия труда, и его задача, как пользователя, применить их умно, то есть на благо всем, а не в угоду чьим-то узким корыстным или политическим интересам. Как тут не вспомнить профессора Преображенского – «разруха не в домах, разруха в головах», то есть первое есть следствие второго, как причины. Разруха в домах *налицо – кризисное состояние биосферы имеет причиной только одно – человек не желает жить по средствам*, он желает только тратить её ресурсы и загрязнять окружающую среду. Поскольку, как известно, лечить надо не следствие болезни, а её причину, то необходимо решить, что делать с раз-

рухой в головах, а до того желательно выяснить – кто виноват, если наука ни при чем?

Ответы на эти два извечных русских вопроса очевидны. *Кто виноват* – виноваты все мы, наше равнодушие, лень, упование на «авось пронесет» и неистребимая склонность к халяве (нежелание платить по счетам). *Что делать* тоже понятно – раз *первопричиной* всего является **отчуждение культур** (см. выше), то необходимо его **преодолеть**, то есть **осуществить гуманизацию науки**. Данный термин означает взаимно полезное и конструктивное сотрудничество обеих культур, осуществляемое в два этапа. Сначала на этапе профессионального образования у гуманитария-управленца (экономиста, юриста, менеджера, чиновника) должно быть сформировано **естественнонаучное мировоззрение** на основе истинных (научных) знаний о реальном устройстве мира, с тем, чтобы будущий руководитель трезво представлял себе место человека в этом мире и ограниченность ресурсов последнего с точки зрения удовлетворения наших потребностей. Именно эту задачу была призвана решать появившаяся в начале 90-х годов прошлого века во всех без исключения гуманитарных программах высшего профессионального образования России дисциплина «Концепции современного естествознания». Её цель – это «прививка от безумия» будущему руководителю, гарантия непринятия им в будущем невежественных в плане естественнонаучной грамотности, а потому убийственных для всех нас управленческих решений любого уровня. Примечательно, что с момента своего появления в учебных планах, в частности, экономистов данная дисциплина вызывала и вызывает у обучающихся просто дикое отторжение и неприятие, что свидетельствует о трудности решения задачи первого (см. выше) этапа – стереотип дармоеда и иждивенца очень привлекателен и потому колоссально живуч.

Но решить данную задачу необходимо, поскольку это – неременное условие решения задачи второго этапа, когда на основе грамотного в естественнонаучном плане руководства хозяйственной (экономической) деятельностью человека будут сформированы его **равноправные (партнерские) отношения с природой**, т.е. устранен односторонний подход к ней, как к кладовой бесплатных ресурсов. Это уже задача профессиональной деятельности управленца, воспитанного правильно (см. выше), понимающего, что за все в жизни надо платить, и любое изъятие природных ресурсов должно быть полностью компенсировано без ущерба для устойчивости этой природы.

Гуманизация науки позволит сформировать **единую, т.е. преодолевающую отчуждение** своих двух составляющих, **культуру**, предполагающую, что **естественнонаучное мировоззрение** и обеспечиваемое на его основе **взаимовыгодное сосуществование природы и человека** станут нормой для **всех**, а не только для самых умных и образованных. Будет решена **задача человечества – задача устойчивого развития**. Она, как самая глав-

ная из стоящих перед ним проблем, уже неоднократно озвучена в довольно многочисленных документах ООН, посвященных *концепции устойчивого развития*. Эта концепция подробно будет рассмотрена в последней теме данного лекционного курса, т.к. убедить обучающихся в том, что она есть единственный выход человечества из того **глобального – экономического, социально-политического и экологического – кризиса**, в котором оно оказалось (причем, только по *собственной вине!*), можно лишь после того, как они составят себе *правильное* представление о реальном мире, который именно от них, как от грамотных в этом отношении **руководителей**, ждет решения задачи устойчивого развития.

1.2. Научный метод

Как было показано в предыдущей теме, **научное знание** является **единственным** источником экономического развития (см. рис. 1.1) на стадии реализации прикладными науками своих функций – управленческой и практической (см. рис. 1.2). Там же был дан ответ на вопрос, почему подобную задачу может решить знание научное, и не обладает такой возможностью знание гуманитарное – потому что первое есть *едиственно верное* понимание реального мира, *только поэтому позволяющее эффективно управлять* его процессами с хозяйственной (экономической) целью (см. табл. 1.1).

Данное утверждение рождает вполне закономерный вопрос – *как наука гарантирует истинность* – главное качество своего продукта – *научного знания*? Ответ известен – *независимо от того, что исследует ученый*, он пользуется **универсальным** инструментом познания, который *при правильном его применении (обязательное условие!) всегда обеспечит стопроцентную достоверность результатов этого исследования (познания)*. Данный инструмент, как единственный выход из лабиринта, как «фонарь, освещающий путь бредущему в темноте путнику» (Ф. Бэкон), называется **научным методом**. Реализуется он в два этапа, соответствующих разным уровням получаемого с его помощью научного знания (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Содержание и результаты этапов научного метода

Этапы научного метода	Эмпирический	Теоретический
Задача исследования	Сбор, накопление и первичная рациональная обработка внешних общих свойств и признаков явлений и процессов	Объяснение (интерпретация) изучаемых явлений и процессов

Окончание табл. 1.2

Предмет исследования	Эмпирические объекты с выделенными для изучения свойствами	Идеализированный объект – логическая реконструкция действительности, наделяемая признаками, которых нет у объекта реального, но которые необходимы для построения этой логики, как рационального объяснения сути данной действительности
Уровень научного знания	Эмпирический (опытный и экспериментальный)	Теоретический (рационалистический)
Приём (способ) исследования	Наблюдение, описание, измерение, эксперимент, моделирование (модельный эксперимент), проверка на воспроизводимость (на фальсифицируемость эмпирического знания), индукция (классификация, эмпирическое обобщение)	Абстрагирование (идеализация), аналогия, мысленный эксперимент, гипотетико-дедуктивный метод, формализация (математическое моделирование), проверка на подтверждаемость (верификация, фальсификация), математическое доказательство
Тип научного знания и его формы	Индукционистское (эмпирический закон, эмпирическая зависимость)	Дедукционистское (гипотеза, закон, теория)

В качестве важных комментариев к ней добавим только, что ***природа неисчерпаема по своей сложности*** – одна из величайших мыслей самой значимой – античной – философии, блестяще подтвержденная и подтверждаемая наукой вплоть до наших дней. В силу этого *эмпирические объекты* – фрагменты окружающей нас реальности, природные процессы и явления – *не могут быть познаны до конца* в рамках сколь угодно сложного и долгого эмпирического исследования (подтверждение ещё одного важнейшего постулата философии о недостижимости для человека абсолютной истины), поэтому предметом данного исследования всегда выступает не эмпирический объект вообще, а *конкретное*, т.е. выделенное в рамках именно этого конкретного исследования количество свойств данного объекта. *Идеализированные же объекты* – это понятия и образы, с помощью которых, как словесных или символических средств, на теоретическом этапе строится логика, объясняющая, наоборот, *общую* суть изучаемого процесса или явления. Поскольку строится такое объяснение *впервые, существующие* научные термины и определения для этого не годятся, как не подходят слова одного языка для объяснения на другом. Вот наука и вынуждена создавать понятия, которых *нет и никогда не будет в природе*, но построенное с их помощью *объяснение* какого-либо её явления или процесса *будет понятным и убедительным (логичным, то есть) для всех*. Примерами подобных идеализированных объектов являются материальная точка, идеальный газ, абсолютно черное тело и другие понятия, преимущественно,

физики, как науки, занимающейся объяснением *наиболее сложных* процессов и явлений природы.

Таким образом, **научный метод** – это совокупность приемов, применяемых исследователем (ученым) для получения **истинного (научного)** знания. Для каждого из этапов научного метода данные приемы свои. Так, к приемам (способам) **эмпирического этапа** относят:

- **наблюдение** – целенаправленное (т.е., имеющее задачей исследование только *выделенных* для этого свойств эмпирического объекта, см. выше) восприятие явлений объективной действительности;
- **описание** – фиксация (закрепление и передача) результатов наблюдения и (или) *эксперимента* (см. ниже) с помощью *знаковых средств* (слов, чисел, графиков, схем фотографий и др.);
- **измерение** – сравнение исследуемых объектов по их *сходным* (имеющим *одинаковые единицы и интервалы измерения*) свойствам и сторонам;
- **эксперимент** – наблюдение в специально создаваемых и контролируемых условиях в целях установления причинной связи между этими условиями и свойствами (сторонами) исследуемого объекта. В **модельном эксперименте** исследованию подвергается не сам подобный объект, а заменяющая его *модель* – реально существующая или искусственно созданная система, которая, замещая оригинал, находится с ним в отношениях сходства (подобия), благодаря чему экспериментальное изучение модели позволяет получать достоверную информацию об этом оригинале, как об объекте эмпирического исследования. В качестве примера модельного эксперимента можно привести испытания моделей фюзеляжей самолетов или кузовов автомобилей в аэродинамической трубе;
- **проверка на воспроизводимость** – подтверждение достоверности данных наблюдения или эксперимента с точки зрения их **фальсифицируемости**, т.е. возможности быть опровергнутыми **практикой** – повторением *сколь угодно большое количество раз* данного наблюдения или эксперимента *любым* исследователем (или даже просто сомневающимся) в *любое* время. Если проверяемые подобным образом эти данные не подтверждаются *неоднократной* их фиксацией с помощью *хотя бы одного* из пяти органов чувств человека – зрения, слуха, обоняния, осязания или вкуса – они достоверными не признаются, т.е. фальсифицируются. Приемом подтверждения достоверности эмпирических данных является также их *статистическая обработка*. Данные наблюдения или эксперимента, прошедшие проверку на воспроизводимость, получают статус **эмпирического факта** – *промежуточной формы опытного (полученного наблюдением) или экспериментального научного знания, содержащего объективную и достоверную, т.е. нефальсифицированную, информацию о внешних общих свойствах и признаках изучаемых явлений и процессов* (см. табл. 1.2);

- эмпирические факты, как следует из той же таблицы 1.2, подлежат последней в рамках эмпирического этапа процедуре, а именно, *первичной рациональной обработке* с помощью **индукции** – способа рассуждения или приема получения *конечного* продукта данного этапа – *эмпирического научного знания*, как **общего** (отсюда и второе его название – «индукционистское знание», там же), делаемого на основе *обобщения* всех этих *частных* фактов, вывода. Следствием индукции, как приема **сворачивания информации** (первичного объема обобщаемых эмпирических фактов), является *создание качественно новой формы знания, вмещающей большее его количество, чем старые*. Эта форма носит название **эмпирического закона** или **эмпирической зависимости**. Данные термины отнюдь не синонимы, поскольку эмпирический закон имеет, как правило, **словесную (вербальную)** форму, получаемую с помощью **классификации** – *наиболее важного вида систематизации, заключающейся в разделении эмпирических фактов на отдельные группы в соответствии с каким-либо главным для их обобщения признаком*. Эмпирическая же зависимость выражена всегда в **математической форме**, получаемой посредством **эмпирического обобщения** – приема мышления, в результате которого устанавливаются общие свойства и признаки изучаемых объектов, как **функций аргументов** – *внешних условий наблюдения или эксперимента*. В качестве приемов уже эмпирического обобщения можно назвать ту же статистическую обработку или аппроксимацию.

Последовательность использования приемов (способов) эмпирического этапа в процессе получения соответствующих данному этапу промежуточных и итоговых форм научного знания показана на рис. 1.3. *Эмпирическими законами* являются, например, первые законы в области электричества и магнетизма или современные психологические теории. Такие же *примеры вербальной формы результата индукции эмпирических фактов* – это первое и второе начала классической термодинамики, физиологическая теория И.П. Павлова, эволюционная теория Ч. Дарвина или периодический закон Д.И. Менделеева. **Общее, что роднит эти законы физики, биологии и химии – прием, с помощью которого они были получены**. Так, выделенный Менделеевым классификационный признак – атомный вес химического элемента – позволил «свернуть» хаотические и многочисленные сведения о свойствах этих элементов (эмпирические факты), полученные в *разное время, в разных местах и разными исследователями* (порой, даже не учеными, а просто наблюдательными и любознательными людьми) в компактную (три строчки в школьном учебнике химии) словесную формулировку, и в такую же, всего в две страницы объемом (там же), классификацию (периодическую систему) химических элементов. Более того, полученная Дмитрием Ивановичем система тут же проявила свои *эмерджентные* (свойственные только системе, как единому целому) каче-

ства, чего не могло быть присуще исходной, послужившей основой для ее создания, *бессистемной* информации (совокупности эмпирических фактов), а именно, предсказала не просто существование еще не обнаруженных химических элементов, но и их свойства.

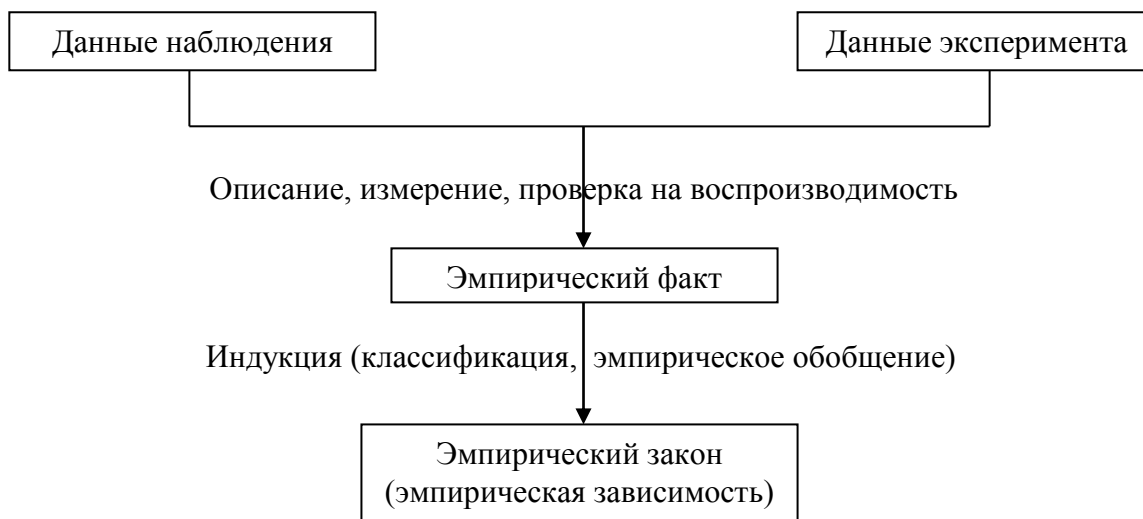


Рис. 1.3. Последовательность реализации эмпирического этапа научного метода

Примером индукционистского закона в виде *эмпирической зависимости* можно назвать результат обобщения Галилеем результатов своих экспериментов по сбрасыванию тел с Пизанской башни – что время падения тела не зависит от его веса, и с одинаковой высоты h тела неравного веса падают с одной и той же скоростью v , равной $v^2 = 2gh$, где g – ускорение свободного падения.

Еще раз напомним, что с помощью эмпирического исследования возможно только **фиксирование** внешних общих признаков свойств и явлений (см. табл. 1.2). Выявить же внутренние механизмы, определяющие связь и природу эмпирических фактов, т.е. **объяснить их** (там же), позволяет лишь теоретический уровень познания, как **более высокий** по отношению к уровню эмпирическому. Так, если обратиться к приведенному выше примеру периодического закона Д.И. Менделеева, как к случаю, без преувеличения, блестящей реализации в его лице *систематизирующей* и *прогностической* функций науки (см. рис. 1.2), то в отношении функции *объяснительной* (там же) такого не получилось – **почему** одна группа родственных химических элементов в данной последовательности их расположения обязательно сменяется другой, и **почему** именно в этом месте и именно при таком количестве разных элементов в их смежных группах – ответов на эти логичные вопросы, напрямую вытекающие из данной системы, как результата именно эмпирического этапа, ни она, ни являющийся ее основой периодический закон дать не смогли. Точно такой же, на

уровне «детской», т.е. **наипростейшей** логики, вопрос, как следствие эмпирического обобщения Галилея, можно задать ему (Галилею), и тоже не получить ответа – **почему** с Пизанской башни тела разного веса падают вниз с одной и той же скоростью? Ответы на подобные «детские» вопросы, как на **самые трудные**, поскольку логика этих ответов должна быть тоже «**по-детски**» понятной, т.е. **убедительной для всех**, и призван дать теоретический этап научного метода

Еще одним ограничением, присущим эмпирическим законам, является их **противоречие новым** эмпирическим фактам, которые в качестве исходной информации при получении данных законов путем индукции не фигурировали, поскольку их просто ещё не было. Такие новые факты, как результаты более поздних, по отношению к ранее сформулированным эмпирическим законам, наблюдений или экспериментов, не вписываются в зафиксированную данными законами регулярность. Тут также на помощь призывается **теоретический этап** для того, чтобы *мысленно* перестроить известную реальность (существующие эмпирические законы) так, чтобы выпадающие из неё факты вписались в *иную*, уже **теоретического** происхождения, схему и перестали противоречить выше упомянутым законам. Если такая схема удачна, то есть снимает данное противоречие, она получает статус *гипотезы* (см. табл. 1.2), а если, что ещё лучше, позволяет предсказывать получение новых, нетривиальных фактов (например, свойств эмпирических объектов, не поддающихся наблюдению и измерению) – статус **закона** или даже **теории** (там же).

Примером разрешения подобного противоречия является трансформация представлений о наследственности. Эволюционная теория Дарвина на основе обобщения множества совершенно достоверных эмпирических фактов трактовала передачу наследственных признаков по принципу *усреднения* или *смешивания*, когда скрещивание, допустим, растений с белыми и красными цветками дает гибриды следующего поколения с цветками розовыми. Однако из ряда эмпирических фактов, рисующих убедительную картину подобного «розового» усреднения наследуемых признаков выбивались не менее четко и достоверно фиксируемые случаи пусть не частого, но обязательного появления гибридов с чисто белыми или с полностью красными цветками. При усредняющемся наследовании такого быть не могло – смешав кофе с молоком нельзя в результате получить чисто черную или полностью белую жидкость! Кроме этого противоречия принцип усреднения наследуемых признаков еще и *запрещал естественный отбор* – это Дарвину математически строго доказал британский инженер Ф. Дженкин. Действительно, усреднение при скрещивании означает, что любой, даже самый выгодный для организма признак, появившийся в результате *мутации* – внезапного изменения наследственной информации под воздействием внешних признаков – **закрепиться и уцелеть в популяции не может**, он должен исчезнуть тем быстрее, чем в большем количестве гибридов следу-

ющих поколений, которые этой мутации не испытали, он в результате усреднения «растворится». Дарвину «кошмар Дженкина» отравлял всю оставшуюся жизнь, но опровергнуть инженера ученый так и не смог.

А ответ-то был, причем еще при жизни Дарвина, обрати он внимание на труды своего современника Г. Менделя. Тогда бы он и факты появления красных и белых цветков в большом букете цветков розовых объяснил, и «кошмар Дженкина» разогнал, а к своей известности как естествоиспытателя добавил бы еще и славу создателя генетики. По Менделю, *передача от поколения к поколению наследуемых признаков идет не усредняющимся, а расщепляющимся* порядком с помощью большого числа дискретных частиц, сегодня называемых генами. Случайная комбинация генов, в полном соответствии с законом нормального распределения Гаусса, может привести к появлению гибридов с признаками только одного из «родителей» (крайние зоны кривой Гаусса, рис. 1.4). А наблюдаемое в большинстве случаев (средняя зона этой же кривой, там же) более или менее равномерное «смешивание» наследуемых признаков является, опять же в полном соответствии с теорией вероятности, наиболее представительным. Точно так же данная гипотеза Менделя *«спасает» и естественный отбор* – случайно приобретенный признак в популяции уцелеть *может*, поскольку математика (см. выше) это допускает, хотя и с известной долей вероятности.

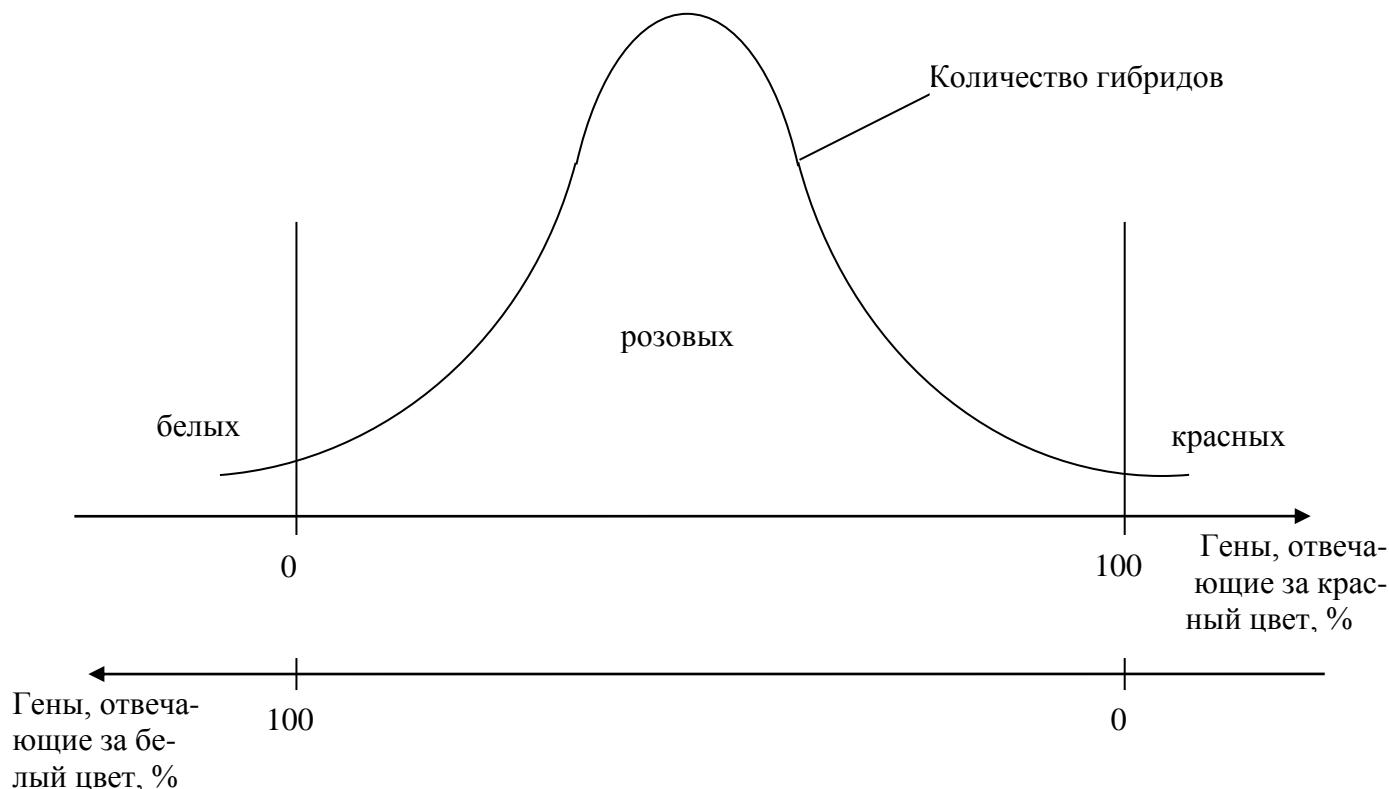


Рис. 1.4. Схема наследования по Г. Менделю

Для создания гипотез и других форм теоретического знания (см. табл. 1.2) на данном этапе используется иной (там же) инструментарий:

- **абстрагирование** – прием мышления, заключающийся в отвлечении от несущественных, незначимых для субъекта познания («теоретика», реализующего теоретический этап) свойств (черт, сторон, качеств) исследуемого объекта с одновременным выделением тех его свойств, которые представляются важными в контексте исследования. Абстрагирование является очень эффективным инструментом теоретических исследований, позволяющим хирургически точно «вырезать» из хаоса множества реальных свойств изучаемого объекта именно те, которые представляют его сущность. А поскольку подобная «хирургическая» операция – один из вариантов *первого* шага процесса создания *идеализированного объекта* (см. табл. 1.2), то она имеет синоним **«идеализация»** (там же);
- другой вариант такого же шага – это **аналогия** – прием познания, при котором наличие сходства (совпадение свойств) нетождественных объектов позволяет предположить их сходство и в других чертах или качествах. Но, как и абстрагирование, «аналогия не есть доказательство» (Аристотель), поскольку это доказательство – прерогатива следующего приема теоретического этапа;
- **мысленный эксперимент** как метод получения *теоретического* знания, применяется, как правило, тогда, когда проблематично или просто невозможно необходимую для выработки гипотезы или закона исходную информацию получить с помощью реальных наблюдений или опытов. Галилей, например, не подвергал кого-либо рискованным испытаниям в виде запрыгивания на движущуюся повозку или, наоборот, спрыгивания с неё на всем ходу – но с помощью *мысленного* эксперимента по переходу из движущейся системы отсчета в неподвижную и обратно он сформулировал важнейший закон будущей классической механики – принцип относительности. Такой же прием использовал Эйнштейн, *вообразив* свободно падающий в поле тяготения лифт и обнаружив при этом, что, находясь внутри такого лифта, никаким образом нельзя определить, движется ускоренно лифт в поле тяготения или он покоится, а поле тяготения при этом исчезает. Результатом такого мысленного эксперимента стал принцип (закон) эквивалентности инерционной и гравитационной масс, положенный в основу общей теории относительности;
- **гипотетико-дедуктивный метод** (см. тему 1.1) – это *вторичная* (см. выше) и главная рациональная обработка данных уже не только эмпирического, но и частично (после абстрагирования или аналогии) теоретического этапа, позволяющая *почти* (почему не в полной мере – об этом ниже) решить его главную задачу – построить логику, объясняющую с помощью созданного для этого *уже законченного* (см. выше) идеализированного объекта природу изучаемого предмета с учетом *всей* имеющейся на момент построения данной логики информации о

нем. *Результатом* гипотетико-дедуктивного метода является *первый по времени получения* продукт дедукционистского знания – **гипотеза** (см. табл. 1.2) – предположение, объясняющее ряд эмпирических и/или теоретических фактов;

- как и знание *индукционистское* (см. выше), гипотеза может иметь *вербальную (словесную)* или *символьную (математическую)* форму. Гипотеза в виде абстрактной математической модели (системы уравнений, например) есть результат **формализации** или **математического моделирования** (см. табл. 1.2);
- гипотеза подлежит **обязательной проверке на подтверждаемость** (там же), включающей две *взаимоисключающие друг друга процедуры* – **верификации** (подтверждения) и **фальсификации** (опровержения). Такое же **обязательное условие** данной проверки – она проводится либо *эмпирическими данными* опыта (наблюдения) или эксперимента, полученными **после** выдвижения гипотезы, либо *теоретическими следствиями*, дедуктивно выводимыми из неё. Если гипотеза проходит подобную проверку, т.е. верифицируется новыми эмпирическими или теоретическими данными, она получает статус **закона природы**, или **принципа (начала)**. Законом природы в естествознании называется *существенная, повторяющаяся и необходимая связь* между явлениями реальной действительности. *Законы (принципы, начала) формулируются как универсальные суждения*. Если гипотеза указанными данными фальсифицируется, она считается опровергнутой, и поиски иной, более приемлемой, продолжаются. Таким образом, гипотеза – продукт теоретического этапа *промежуточного характера*, поскольку рано или поздно она **обязательно** квалифицируется описанным выше образом;
- законы в виде математических уравнений или систем уравнений получают **математическим доказательством** с использованием верифицированных гипотез в качестве исходного материала. *Запись законов природы на языке математики позволяет радикально повысить их точность, а также логическую и прогностическую силу*, т.е. существенно улучшить исполнение наукой своей описательной, объяснительной и прогностической функций соответственно (см. рис. 1.2). Так, математический вывод Ньютоном эмпирических законов движения планет вокруг Солнца, полученных ранее И. Кеплером, не только подтвердил их правоту, но и привел к идее всемирного тяготения как к причине, объясняющей природу этого движения. Аналогично, математическая обработка Дж. К. Максвеллом эмпирических закономерностей Фарадея, Ампера, Кулона и других блестящих экспериментаторов связала эти данные в единое и непротиворечивое объяснение электрических и магнитных явлений, а также предсказала существование электромагнитных волн и спрогнозировала их свойства. Как известно, обнаружение, спустя десятилетия, Г. Герцем электромагнитных волн

полностью подтвердило правоту системы уравнений Максвелла, описывающей их природу;

Последовательность трансформации видов дедукционистского знания в процессе реализации теоретического этапа показана на рис. 1.5.



Рис. 1.5. Последовательность реализации теоретического этапа научного метода

Приведем примеры подобной трансформации для упоминавшихся выше конкретных видов эмпирического знания. Так, объяснение последовательности смены групп родственных химических элементов, а также их числа в каждой из этих групп периодической системы Д.И. Менделеева было дано полвека спустя после ее создания с позиций одного из законов квантовой механики – *принципа В. Паули*. Согласно ему, электронные оболочки атомов тем *устойчивее*,

чем в бóльшей степени число электронов на них соответствует условию *наинизшего, т.е. наиболее выгодного* энергетического состояния. Данное условие выполняется при числе электронов на каждой из их орбит, равной $2n^2$, где n – номер орбиты (электронной оболочки). Как только число электронов становится больше $2n^2$, появляется следующая по счету орбиталь атома, поэтому на первой из них может находиться максимум $2 \cdot 1^2 = 2$ электрона, на второй $2 \cdot 2^2 = 8$, на третьей $2 \cdot 3^2 = 18$ и т.д. Так вот, *химические и физиче-*

ские свойства элементов определяются конфигурацией **внешней** электронной оболочки их атомов, а, точнее, **степенью ее отличия от** выше описанной **оптимальной** и, как следствие, **наименее затратными**, с энергетической точки зрения, **путями достижения данного оптимума**. Так, для неона (рис. 1.6), имеющего две полностью «упакованные» орбитали, условие оптимума *выполняется*, потому он и *инертный*, т.е. не вступающий ни в какие химические реакции, газ. Для его соседа слева по периодической системе – фтора (там же) – наименее затратным путем достижения такого же оптимума является, очевидно, «достройка» своей второй орбитали недостающим электроном, что и реализуется с помощью свойств фтора как сильнейшего *окислителя* (напомним, что окисление – это как раз *присоединение* окислителем валентных электронов вступающего с ним в данную реакцию вещества). Для натрия, как следующего за неоном элемента (см. рис. 1.6), наоборот, энергетически выгодно «избавиться» от единственного на третьей орбитали электрона, поскольку присоединить недостающие на ней 17 электронов (там же) невозможно опять же из энергетических соображений. Именно поэтому натрий *«отдает»* свой валентный электрон вообще без всякого внешнего воздействия, вступая в **противоположную** реакцию – *восстановления* – прямо с атмосферным воздухом, (из-за чего и хранят этот щелочной металл в керосине).

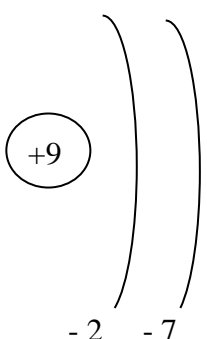
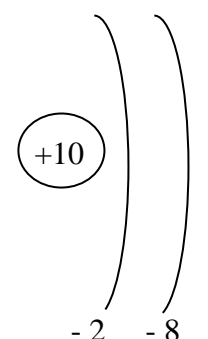
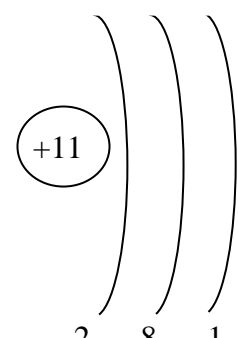
Наименование и номер № элемента в таблице Менделеева	Фтор (№ = 9)	Неон (№ = 10)	Натрий (№ = 11)
Номера орбиталей его атома	1 2	1 2	1 2 3
Число положительно заряженных протонов в ядре атома			
Число отрицательно заряженных электронов на орбиталях атома	- 2 - 7	- 2 - 8	- 2 - 8 - 1

Рис. 1.6. Систематика заполнения электронных оболочек атомов согласно принципу Паули

Аналогичным образом, результаты опытов Галилея, сбрасывавшего тела разного веса с Пизанской башни (см. выше), были объяснены с позиций *закона всемирного тяготения Ньютона* – тела падают с одной высоты с одинаковой скоростью, не зависящей от их массы, потому, что последняя есть бесконечно малая величина по сравнению с массой Земли, в силу чего

сила притяжения к ней этих тел, эквивалентом которой как раз и выступает скорость их падения, практически одинакова.

Можно привести также пример *фальсифицированной* (см. рис. 1.5) гипотезы, а именно, гипотезы **теплорода** (конец 18 века), согласно которой Вселенная заполнена некой субстанцией, состоящей из элементарных частичек теплоты, перетекание которых из тела в тело составляет суть процессов нагрева и охлаждения этих тел. На основании такой трактовки данных процессов писались равенства типа «лед + *теплород* = вода» или «водяной пар – *теплород* = вода», т.е. явления нагрева и охлаждения трактовались как циркуляция в обе стороны теплорода между телами. Опроверг гипотезу теплорода М.В. Ломоносов, экспериментально доказав, что она противоречит закону сохранения вещества – он помещал металл в герметически закрытый сосуд и взвешивал его до и после нагревания до разных температур. Вес сосуда, измеряемый с максимальной для тех времен точностью, оставался всегда *одним и тем же*, следовательно, заключил Михаил Васильевич, никакого теплорода, «накачиваемого» в сосуд при его нагреве или «вытекающего» из этого со-суда в процессе его остывания, нет. А температура тела есть мера средней скорости движения его молекул – положение, легшее в основу будущей молекулярно-кинетической теории.

Получением именно **теории** – *совокупности некоторого количества законов (принципов, начал), относящихся к одной области познания* – завершается трансформация форм научного знания, показанная на рис. 1.5. Так, упоминавшийся выше принцип Паули – это один из законов теории, которая называется «квантовая механика», закон всемирного тяготения (там же) входит составной частью в другую теорию – классическую механику. Теория выступает самой совершенной формой научного знания, в которой оно достигает **определенной** полноты и завершенности, а также приобретает **относительно безусловную** истинность. Выделенные жирным курсивом качества данной формы теоретического знания призваны обратить внимание на очень важный нюанс – теория считается всеобъемлющей и истинной только до тех пор, пока она в состоянии объяснить эмпирические факты, ставшие известными *после* её принятия. Если эти факты *существующей* теории противоречат, возникает необходимость в разработке новой, более совершенной теории в соответствии с алгоритмом, показанном на рис. 1.5. Так, упоминавшаяся выше квантовая механика появилась только тогда, когда новые факты, касающиеся поведения объектов *микромира* (атомов и элементарных частиц), не смогли объяснить теории существующие – классическая механика Ньютона и электродинамика Максвелла. Можно также добавить, что тот же Ньютон, исчерпывающе объяснивший с помощью закона всемирного тяготения динамику движения как земных, так и небесных тел, *причину и природу гравитации* – движущей силы этой динамики – объяснить не смог («Гипотез не измышляю!» – его знаменитая фраза). Это объяснение дал, спустя двести лет, Эйнштейн

в общей теории относительности. Подобная **цикличность пересмотра содержания и статуса** различных форм теоретического знания выступает важнейшей и неотъемлемой чертой процесса познания мира.

Осталось добавить, что помимо приемов (способов) исследования, являющихся атрибутами либо эмпирического, либо теоретического этапов научного метода (см. табл. 1.2), выделяют еще **общенаучные приемы и способы**, применяемые на обоих указанных уровнях научного познания. К ним относят **анализ** – *расчленение целостного предмета на составные части (стороны, признаки, свойства и отношения) в целях их всестороннего изучения*, и **синтез** – *соединение ранее выделенных частей предмета в единое целое*. Действительно, препарировать, т.е. расчленять, можно объекты *реальные*, исследуя, например, внутреннюю структуру фрагмента живой или неживой природы, а можно также фрагментировать какую-либо часть *теоретического* знания с целью более детального её изучения. Да и по существу своей предметы исследования на эмпирическом и теоретическом этапах есть результаты именно *анализа* – у эмпирического объекта для изучения выделяются только *конкретные*, а не все его свойства (см. табл. 1.2), а идеализированный объект – всегда инструмент построения логики такого же *конкретного*, а не всеобъемлющего теоретического знания (там же). Точно так же предметом *синтеза* могут быть эмпирические результаты *обособленных* исследований, когда, например, опытный образец нового продукта – предмета потребления или технологического оборудования – собирается из инновационных узлов, разработанных *разными* специалистами – механиками, электронщиками, биотехнологами, программистами и т.д. Что касается синтеза фрагментов *теоретического* знания, то, по сути, всё содержание одноименного этапа (см. рис. 1.5) представляет собой как раз переход от локальных к все более общим его формам.

К *общенаучным* приемам (способам), строго говоря, следует отнести и **эксперимент**, поскольку, во-первых, он является инструментом реализации как *эмпирического*, так и *теоретического* этапа (см. табл. 1.2), и, во-вторых, выступает средством подтверждения или неподтверждения достоверности также *обоих* видов научного знания (процедуры его проверки на воспроизводимость и на подтверждаемость соответственно, там же).

1.3. История естествознания и тенденции его развития

Как явствует из названия темы, она четко делится на *две взаимосвязанные части* – **историю развития естествознания**, процесса, который шел параллельно с процессом становления нашей цивилизации, и **характерные особенности (тенденции)** данного развития, присущие ему на всем многовековом и даже тысячелетнем пути перехода от первобытного (мифологического) познания к научному.

История естествознания разбивается на периоды, различающиеся *подходом к пониманию природы* (типом мышления, соответствующим данному периоду, или господствующей в этот период *научной парадигмой*, см ниже), причем, *в сторону усложнения этого понимания*. Такая логика развития полностью соответствует научному методу (см. предыдущую тему), поскольку, как также будет показано ниже, *от этапа к этапу росло количество и качество эмпирического знания*, что неизбежно влекло за собой *повышение достоверности знания теоретического за счет усложнения гипотез, законов и теорий (там же), объяснявших реальный мир на том или ином этапе развития естествознания*.

Предварительным или донаучным этапом развития естествознания принято считать эпоху **неолита** – *нового каменного века*, длившегося, тем не менее, около двух тысячелетий (10-8 тыс. до н.э.). В это период произошла *неолитическая революция*, смысл которой заключался в *переходе от присваивающей экономики к производящей*, а конкретно, от охоты и собирательства к земледелию и скотоводству. *Присваивающее* хозяйство задавало такой тип отношения человека к природе, при котором он был всего лишь пассивным потребителем её даров, и, по сути, выступал лишь одним из звеньев, существовавших в ту эпоху биocenозов. Однако рост численности людей и, как следствие, интенсификация процессов охоты и собирательства (в частности, за счет изобретения лука и стрел) привели в начале периода неолита к значительному повышению антропогенного давления на природу. Так, загонно-облавная охота на крупных животных привела к истреблению многих их видов (мамонта, пещерного медведя, шерстистого носорога и других), а рост потребности в плодах и корнях съедобных растений – к истощению флоры даже субтропического пояса. Итогом стал первый в истории человечества экологический и экономический кризис, который был преодолён *переходом к активному, преобразовательному отношению к природе*, давшему простор для развития производительных сил, общественных отношений и новых форм сознания. Созданное в результате неолитической революции *производящее* хозяйство базировалось на *первом* (отделение земледелия от скотоводства) и *втором* (отделение ремесла от земледелия) разделении труда. По некоторым оценкам за счет двух разделений труда скотоводство стало продуктивнее охоты в 20 раз, а земледелие производительнее собирательства в 400-600 раз!

Столь значимые экономические успехи, к которым можно добавить возникновение товарного обмена и, как следствие, торговли, совершенствование технологии обработки материалов (камня, меди, железа) и т.д., не дают, тем не менее, основания, считать, как говорилось выше, эпоху неолита этапом в развитии естествознания по следующей причине. Все достижения великих цивилизаций Древнего Востока данного периода – Вавилона, Египта, Индии и других – базировались на разнообразном и, без сомнения, ценном в практическом плане знании об анатомии и физиологии растений и жи-

вотных, а также на сведениях из области медицины, астрономии, химии и т.д., но только **эмпирического** характера. **Наука в этот период отождествляется с познавательной деятельностью вообще**, когда человек в процессе непосредственной жизнедеятельности начал накапливать и передавать другим знания о мире, причем, как уже говорилось, сугубо с **хозяйственными, прагматическими** целями. Проблема же **объяснения** этого мира **в эпоху неолита не ставилась**. Такое обстоятельство и не позволяет считать науку сознательно и целенаправленно организуемой деятельностью, как частью духовной культуры общества данного периода.

История естествознания, как именно **науки**, разбивается на **четыре** периода (этапа):

- **античный (натурфилософский)**;
- период **классического естествознания**, он же **аналитический, механистический и метафизический** этап;
- этап **неклассического естествознания**, он же **синтетический и диалектический** период;
- период **постнеклассического естествознания**, он же **эволюционный и современный** этап.

Каждому из этих этапов соответствует своя **естественнонаучная картина мира** – целостная система представлений об общих свойствах и закономерностях мироздания, возникающая в результате обобщения эмпирического знания (см. тему 1.2) и теоретических представлений (гипотез, законов и теорий, там же) различных естественнонаучных дисциплин (физики, химии, биологии и др.) того или иного периода (этапа) их развития на базе соответствующей (соответствующих) данному периоду научной парадигмы (научных парадигм). Парадигма – это **структура** знания, сведенного в соответствующую естественнонаучную картину мира, определяющая способность исследователей (ученых) работать в течение того или иного периода в неких рамках, задаваемых господствующим на протяжении данного периода **типом** научного мышления. Буквальный смысл этого слова – **образец**. В нем фиксируется существование особого **способа организации** научного знания, который подразумевает определенный набор **предписаний**, задающих **характер** видения мира, а значит, влияющих на **выбор** направлений его исследования. Парадигма содержит также и общепринятые **образцы решения** конкретных проблем.

Парадигмальное знание не является чисто теоретическим (хотя его ядром служит, как правило, та или иная конкретная, существующая **научная теория**), поскольку не выполняет непосредственно объяснительной функции, а дает некую систему отсчета, т.е. является предварительным условием и предпосылкой построения и обоснования **будущих** таких теорий. Парадигма определяет **тип мышления** (см. выше), **дух и стиль научных исследований**, её составляют признанные всеми научные достижения, которые в течение определенного времени дают модель постановки про-

блем и их решений научному сообществу. Содержание научной парадигмы отражено в учебниках и фундаментальных трудах крупнейших ученых, а её основные идеи проникают и в массовое сознание. Для научного сообщества она на долгие годы определяет круг проблем, привлекающих внимание ученых, является своеобразным официальным подтверждением подлинной «научности» их занятий. Как видно из сказанного выше и как будет показано ниже, в рамках *одной* естественнонаучной картины мира может быть *более одной* научной парадигмы. *Смена же парадигм есть не что иное, как научная революция*, заключающаяся, как опять же будет показано далее, в переходе от одного периода развития естествознания к другому этапу его истории.

Античный этап истории естествознания

Имеет хронологические рамки: 8 в. до н.э. (начало эпохи античности, Греция) – 5 в. н.э. (конец Западной Римской империи) и представляет собой попытку *объяснить мир, как единое целое с позиций натурфилософии* (отсюда второе название этапа, см. выше) – исторически первой формы философского знания, философии природы, учения о природе в её целостности в рамках *первого же рационального типа мышления – натурфилософского или созерцательного*.

Не столько по географическим названиям возникавших в течение античного этапа центров научных знаний, сколько по *возраставшей в хронологическом порядке сложности* (см. выше), а, следовательно, и *достоверности* этих знаний, данный этап принято делить на *четыре периода внутри него* – ионийский (милетский), афинский, александрийский и древнеримский. Так, первые представители ионийской или милетской школы (7-5 в. до н.э.) началом (первоэлементом) *всего сущего – космоса* (в переводе с греческого, «порядок», «гармония»), частью которого является и человек – считали либо конкретную природную стихию – воду (Фалес), воздух (Анаксимен) или огонь (Гераклит) – либо некую туманную и качественно неопределяемую субстанцию «апейрон» (Анаксимандр). Их ученики полагали мир уже *более сложной* комбинацией, а именно, четырех (земля, вода, воздух, огонь – Эмпедокл), или пяти (плюс эфир, пифагорейская школа) бесконечных и вечных стихий или элементов.

В рамках афинского периода (5-4 в. до н.э.) на смену концепции милетских «стихий», как первоначала мира, приходит идея *атомистического* строения материи Левкиппа – Демокрита. Согласно ей, атомы (греч. *atomos* – неделимый) составляют материальную основу Вселенной. Атомы вечны, и *Вселенная, состоящая из атомов и пустоты между ними*, также вечна и бесконечна. Атомы находятся в непрерывном движении, перемещаются в пространстве. Их различия *по размерам, форме и положению* обуславливают *разные* свойства образованных из атомов тел. Атомы недоступны для человеческого восприятия. Все предметы материального мира образуются из атомов, как из букв слова. Концепция атомизма являет со-

бой первый переход от *континуального* (базирующегося на *непрерывности* первичных «стихий») понимания материи к её *дискретному*, т.е. *прерывистому* пониманию, но, как будет показано ниже, не последний и не только в таком направлении.

Вершиной не только афинского периода, но и всего античного этапа является *картина мира Аристотеля*, или, что совершенно логично, *античная картина мира*. Именем же именно этого древнегреческого мыслителя она названа потому, что *имеет своей научной парадигмой аристотелевскую динамику* – его учение о движении тел в пространстве.

Тела (вещи), по Аристотелю – это соединение *материи* и *формы* («Материя формируется, форма материализуется» – приписываемая ему образная трактовка данного тезиса). При этом материя данной вещи является, в свою очередь, формой для материи тех элементов, из которых эта вещь состоит. Переходя, таким образом, вглубь вещества, к все более простым телам (подобно тому, как, например, идут от здания к кирпичам, из которых оно сложено, от кирпичей к составу глины, из которой они изготовлены, от глины к названиям и количеству образующих её химических соединений, от формул этих соединений к входящим в них химическим элементам и т.д.), приходят к некой абстрактной *«первоматерии»*.

Первоматерия лишена всякой формы, всяких свойств и качеств, это субстанция, не имеющая, подобно анаксимандровскому апейрону (см. выше), *никакой определенности*. Но, соединяясь с *простейшими формами* (рис. 1.7), она образует *первоэлементы* (там же), из которых состоят все тела. Первоэлементы в мире расположены в определенном порядке, который задает структуру Вселенной (космоса). В её центре находится *первоэлемент земли*, который образует нашу планету. Земля – центр Вселенной, она неподвижна и имеет сферическую форму. Вокруг Земли распределена *вода*, затем *воздух*, далее *огонь*. Огонь простирается до орбиты Луны – первого небесного тела, выше которого расположен *надлунный*, божественный мир. В этом мире (небе) иные тела – *небесные* – состоят уже из другого, *пятого первоэлемента* – *эфира* (эту категорию Аристотель заимствует у пифагорейцев, других представителей той же милетской школы, см. выше), который, в отличие от выше указанных четырех *земных*, *неизменен*, то есть не может переходить в другие первоэлементы.

В божественном, надлунном небе существует лишь один вид движения – равномерное непрерывное круговое движение небесных тел. Они вращаются вокруг Земли по круговым орбитам, будучи прикрепленными к *материальным, сделанным из эфира, вращающимся сферам*. По степени удаления от Земли расположены друг за другом сферы Луны, Меркурия, Венеры, Солнца, Марса, Юпитера, Сатурна и сфера *неподвижных звезд*. За последней находится *перводвигатель* – Бог, который придает движение подвижным сферам. Это движение – наиболее совершенное, потому что у него нет ни начала, ни конца, оно вечно и неизменно.

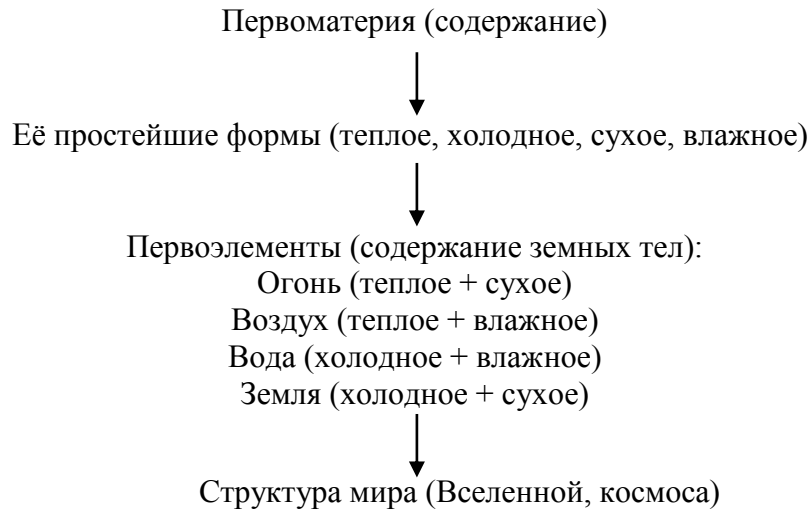


Рис. 1.7. Иерархия материальных систем по Аристотелю

Движение в *подлунном*, земном мире, наоборот, несовершенно, поскольку подвержено изменениям, а также имеет начало и конец. Движения земных тел бывают *естественными* и *насильственными*. Естественное движение – это движение тела к своему месту, например, *тяжелого* тела, состоящего из первоэлементов *земли* и (или) *воды*, вниз, а *легкого*, образованного первоэлементами *воздуха* и (или) *огня* – вверх. Естественное движение происходит само собой, оно не требует приложения силы. Все остальные движения на Земле – насильственные, требующие применения силы. «Всё, что находится в движении, движется, благодаря воздействию другого тела» – основной принцип динамики Аристотеля.

Велики заслуги этого мыслителя и в *других* областях знания – он творец формальной логики (теории умозаключений, учения о доказательстве, действенном и поныне), создатель первой в истории науки классификации живых организмов. Насколько значим вклад Аристотеля в ту же биологию, можно судить по словам Дарвина, который говорил: «Линней и Кювье были моими богами, но все они только дети по сравнению со стариной Аристотелем». Однако все это все меркнет перед созданной последним *античной картиной мира* – первой трактовкой мироздания в целом, базирующейся пока не на математической, а на словесной логике, но настолько безукоризненной, что эта картина просуществовала более двух (!) тысяч лет, и только в 18 веке уступила место картине мира Ньютона. **Неверна – не значит, ненаучна – вот её главный смысл.** С одной стороны, картина мира Аристотеля принципиально отличается от современной естественнонаучной картины мира – она к примеру, базируется только на *континуальной* концепции, отвергая атоанизм (*дискретное* понимание этого же мира). «Природа не терпит пустоты» – высказывание Аристотеля, прямо противоположное взглядам того же Демокрита. Но с другой стороны,

она, что совершенно невероятно, предвосхитила некоторые сложнейшие представления современной физики. Так, по Аристотелю, звезды – это *бестелесные, нематериальные* тела, поэтому сфера звезд *не имеет пустоты*, поскольку пустота (пространство) всегда полностью заполнена материей. Там, где нет материи, нет и пространства, утверждает Аристотель, а данная мысль не что иное, как принципиальное положение **общей теории относительности** (начало 20 века!) – что геометрия пространства образована массами и их скоростями (Эйнштейн). Зависимость свойств пространства от *скорости* движения тел в нем (ещё одно положение теории относительности Эйнштейна) Аристотель, кстати, тоже допускал.

Последние два периода античного этапа имеют общее отличие от выше рассмотренных первых двух, заключающееся в том, что с них начинается постепенная и пока что лишь частичная **«математизация» аристотелевской**, т.е. в целом по-прежнему *философской картины мира*. Использование математики в качестве нового «языка» науки, как уже не раз иллюстрировалось выше, существенно повышало эффективность последней при решении теоретических и, что особенно важно, уже и *прикладных* задач. Так, с александрийским периодом (4-3 в. до н.э.) связаны имена и достижения именно математиков. Это, с одной стороны, математик-теоретик Евклид, создатель геометрии как единого и цельного учения. Современные учебники, по сути, до сих пор пересказывают его великий труд «Начала», состоящий из 13 книг, каждая из которых построена по единой логической схеме. Влияние «Начал» испытали на себе практически все крупнейшие ученые мира. Эйнштейн считал, что «это произведение мысли дало человечеству уверенность в себе». С другой – это математик-практик, а, точнее, изобретатель-механик Архимед, который открыл правило рычага и закон плавучести тел, изобрел червячную передачу, построил планетарий, считавшийся вершиной точной механики тех лет. Участвуя во время Пунических войн в обороне родных Сиракуз – союзника Карфагена – от римлян, Архимед построил машины, которые позволяли сыпать на осаждавших камни и стрелы весом до 500 кг, а также захватывать, поднимать в воздух и топить кормю суда. При помощи зеркал ему удалось зажечь римские корабли, сфокусировав излучение Солнца. Сомневаясь в такой возможности, греческие физики провели в 1973 году эксперимент, который дал в принципе положительный результат.

Завершает античный этап развития естествознания древнеримский период (1 в. до н.э. – 2 в. н.э.) и его наиболее значимое достижение – универсальная математическая теория астрономических явлений Птолемея. Она позволяла просчитывать траекторию видимого движения известных в то время планет с высокой даже по нынешним меркам точностью (погрешность менее 10') и базировалась на аристотелевских представлениях о центральном положении Земли во Вселенной, круговом характере движений небесных тел и т.д. (см. выше). Именно поэтому *геоцентрическую* си-

стему Вселенной Аристотеля, математически строго обоснованную Птолемею, иногда называют ещё Аристотелево-Птолемеевой системой и считают ядром первой естественнонаучной картины мира.

*Итогом античного этапа развития естествознания следует считать **возникновение науки** как обособленной сферы духовной культуры.* Появляется такая же особая группа людей, специализирующаяся на получении новых знаний. Эти знания впервые сводятся в систему – ***философскую картину мира в целом***, поскольку пока естественные науки являются частью натурфилософии (философии природы), в силу чего ученые античного периода были энциклопедистами, т.е. носителями как гуманитарного, так и естественнонаучного знания. Наука спорадически демонстрирует свои возможности практического использования, но перспективы коммерциализации научного знания обществу ещё непонятны и потому не востребованы.

Период классического естествознания

Датируется: *15 век – первая половина 19 века*. При сравнении с хронологическими рамками предыдущего периода возникает резонный вопрос – почему отрезок времени в тысячу лет (см. выше) не относим ни к античному, ни к механистическому этапам развития естествознания? Если обобщить мнения историков науки, ответ может выглядеть так. Эпоха Средневековья (а именно она занимает данное тысячелетие) считается «темным временем», когда в результате деградации и упадка античного мира возобладали религиозные взгляды на ученость и образование. В данный период не было значительных прорывов в науке, однако вновь возникшие мировые религии – христианство и ислам – сохранили письменные памятники античной цивилизации. Высокий интеллектуальный потенциал и большой объем знаний последней позволили науке сначала выжить, а затем начать новый подъем.

Период классического естествознания начинается с *ломки старых, аристотелевских* представлений об устройстве мира. Это, прежде всего, гелиоцентрическая система Коперника, заменившая ядро предыдущей, натурфилософской картины мира – геоцентрическую систему Птолемея. Мировоззренческая значимость коперниканизма в том, что он «отменил» центральное положение Земли, как центра мироустройства, сделав её одной из периферийных, то есть неглавных и неуникальных планет Солнечной системы. На обелиске Копернику в Польше надпись: «Остановившему Солнце, сдвинувшему Землю». Ещё более радикальный вывод в плане развенчивания антропоцентризма (см. тему 1.1) из теории Коперника сделал Джордано Бруно, провозгласив тождество Солнца и остальных звезд, а, следовательно, множественность «солнечных систем» в бесконечной Вселенной. Именно Бруно принадлежит первый и достаточно четкий эскиз картины вечной, никем не сотворенной, вещественной, единой и безграничной Вселенной с бесконечным числом очагов Разума в ней. В свете учения Бруно теория Коперника снижает свой ранг – она оказывается не

теорией Вселенной, а теорией лишь одной из множества населяющих её планетных систем, и, скорее всего (вот он, наиболее болезненный удар по самолюбию человека!), не самой выдающейся такой системы. Поэтому, если за первый, не столь обидный для нашей мании величия урон, Коперник заплатил двухсотлетним запретом на издание своих трудов, то за свое, более сокрушительное развенчание наших иллюзий, Джордано Бруно расплатился жизнью. Вот уж действительно, «тьмы низких истин нам дороже нас возвышающий обман». Сейчас, на Площади Цветов в Риме, где он был казнен, стоит памятник ему с посвящением, начинающимся словами: «От столетия, которое он предвидел ...».

Разгром аристотелевской физики довершили Галилей и Кеплер. Первый заменил старый, натурфилософский способ исследования природы экспериментом как средством проверки на подтверждаемость (см. тему 1.2) гипотез и теорий, создав тем самым собственно *научный метод*, как сочетание эмпирического и теоретического этапов (там же). С его помощью Галилей, например, доказал, что естественные, по Аристотелю, движения тел вверх или вниз (см. выше) обусловлены соотношением удельных весов тела и среды, в которой оно движется, и что движение тела не прекращается, если, как полагал Аристотель, на него перестает действовать внешняя сила (принцип инерции, в последствии он же – первый закон Ньютона) и т.д.

Если Галилей заложил основы новой механики движения *земных* тел, то Иоганн Кеплер сделал это по отношению к телам *небесным* с той лишь разницей, что базой для формулировки и подтверждения законов движения планет ему послужили данные не эксперимента, конечно, а наблюдений. Значение открытых Кеплером законов заключается в том, что они, как и законы движения земных тел, имеют *объективный* характер и являются *частными случаями одного и того же вида движения – механического*.

Наибольший вклад в создание классического естествознания внес Исаак Ньютон. Он разработал основы *классической механики* – *парадигмы второй, уже ньютоновской естественнонаучной картины мира*, суть которой сводится к следующим положениям:

- мир состоит из **вещественных** (земных и небесных) тел, движущихся в *трехмерном пространстве* под действием *силы тяжести*. Время – *четвертая координата движения тел*, независимая от их пространственных координат;
- движением как земных, так и небесных материальных тел управляют три закона динамики Ньютона, позволяющие *математически строго и сколь угодно точно* рассчитывать параметры этого движения;
- уравнения динамики Ньютона *обратимы во времени*, т.е. для них безразлично, в каком направлении – в будущее или в прошлое – производится расчет параметров движения тел;

- это движение носит жестко **детерминированный** характер, когда *точность и однозначность* определения параметров движения тела или совокупности тел (механической системы) *целиком и полностью* определяются его или её предыдущим состоянием соответственно (*лапласовский детерминизм*). Случайность целиком исключается из природы. Весь мир превращается в грандиозную машину (будильник, по выражению того же Пьера Симона Лапласа), в котором всё предопределено навсегда;
- задача описания состояния материальных систем, *не поддающихся непосредственному эмпирическому изучению* (например, совокупности небесных тел), решается с помощью *идеализированного объекта* (см. тему 1.2), представляющего собой совокупность *материальных точек*, параметры движения которых определяются с помощью специального аппарата **математического моделирования** поведения отдельно взятых *фрагментов реального мира* – анализа бесконечно малых (дифференциального и интегрального счисления Ньютона – Лейбница);
- такого рода подход допускает изучение данного мира (природы) *по частям*, когда подлежащий эмпирическому и/или теоретическому исследованию природный объект рассматривается вне его связей с остальными фрагментами этой природы, как единого целого. С таким обстоятельством связано возникновение нового, свойственного именно картине мира Ньютона, **метафизического типа мышления**, отрицающего идеи всеобщей связи и развития. Приставка «мета» в переводе с греческого означает «за», то есть в нашем случае «за пределами физики», потому что, как будет показано ниже, физика действительно не может игнорировать такие очевидные свойства реального мира, как его целостность и развитие;
- в рамках же рассматриваемого этапа развития естествознания указанный выше господствующий тип мышления обусловил *механистический* характер классической науки. **Механистицизмом** принято называть философскую (именно поэтому механистическую, а не механическую!) *тенденцию сведения (редукции) всех видов движения материи к его простейшей форме – механическому перемещению тел под воздействием силы тяжести*. Примером механистического толкования сути *иных*, а не только вещественных природных объектов, является корпускулярная теория *света* того же Ньютона. Поэтому его естественнонаучную картину мира принято называть еще **механистической**.

Общественная значимость периода классического естествознания заключается в том, что именно благодаря ему произошло становление *капитализма*, как **техногенной**, в отличие от всех предыдущих, *цивилизации*. Признаваемая сейчас всеми *главная заслуга капитализма* состоит в том, что

он сделал труд ручной трудом машинным, увеличив тем самым в десятки и даже в сотни раз его производительность и качество. Естественный в связи с этим вопрос – *как ему это удалось?* Ответ очевиден – *за счет коммерциализации знаний* первой, по-настоящему научной, т.е. оперирующей языком математики (см. тему 1.1), теории – *классической механики*, которая позволяла создавать (проектировать, рассчитывать и изготавливать) орудия труда с любым, в зависимости от хозяйственной (экономической) *надобности*, рабочим движением исполнительного органа, преобразующего предмет труда. Базирующиеся на трех законах Ньютона *прикладные науки* – техническая механика, баллистика, небесная механика, механика сплошных сред и др. – успешно выполнили свои *управленческие и производственные функции* (там же) соответственно в промышленности, военном деле, навигации, воздухоплавании, гидравлике и т.д. *Наука, как отдельная сфера труда, превратилась из познавательной деятельности в источник получения прибыли от коммерциализации её продукта – знания.*

Вторым «подарком» рассматриваемого этапа капитализму, благодаря которому он стал тем, кем стал, была *теория и схема работы теплового двигателя*, продукт еще одной естественнонаучной теории данного периода – *классической термодинамики*, изучающей явления передачи, распространения и превращения тепла. *Если механика Ньютона – это трансмиссия (кинематика) машины (орудия труда), то классическая термодинамика – это привод (динамика) данного средства производства.* Теория и схема работы теплового двигателя позволили создать *первое* его поколение – паровые машины, которые обеспечивали энергией первые паровозы, колесные пароходы, ткацкие станки и другие рабочие машины. При этом *парадигме естественнонаучной картины мира второго этапа классическая термодинамика не соответствовала*, поскольку сначала опиралась на иную (континуальную) концепцию *теплорода* (см. тему 1.2), а затем вообще отвергла попытки объяснить тепловые процессы с позиций механики (взять, например, принцип *обратимости времени* – его неприменимость к тепловым явлениям очевидна даже из житейского опыта). Но подобная *локальная противоречивость* является, как будет показано ниже, *неотъемлемой чертой любой естественнонаучной картины мира*, поскольку та, будучи *новой*, с одной стороны, всегда разрешает противоречия картины *предыдущей*, а с другой, обязательно ставит новые проблемы, которые призвана, будет решить *следующая* её редакция. Одним словом, как в той песне – «... а точка усмехнулась, и стала запятой».

В полном соответствии с такой особенностью и сама классическая механика, как господствующая научная парадигма второго периода развития естествознания, *не давала ответы на все вопросы*, возникающие при трактовке мира с позиций этой теории. Так, тот же Лаплас, очень метко и образно сравнивший мир по Ньютону с гигантским часовым механизмом (см. выше), все детали которого упорядоченно и предсказуемо двигаются в

строгом соответствии с его конструкцией, определяемой массами и скоростями этих деталей, потом, обращаясь к Ньютону, довольно ехидно вопрошал: «Но где же часовщик, который этот будильник собрал и завёл?». Действительно, опять «детский», и потому самый трудный вопрос – кто такой заботливый «разогнал» менее массивные тела по их орбитам движения вокруг тел более тяжелых, как центров тяготения (Луну вокруг Земли, Землю и другие планеты вокруг Солнца и т.д.), с таким точным расчетом, чтобы сила притяжения мелких тел крупными уравновешивалась разгоном первых относительно вторых, и тела менее массивные свободно, не чувствуя своего веса, миллионы лет падали в гравитационном поле своих центров тяготения, обеспечивая динамическую устойчивость материальных систем, населяющих Вселенную?

Ньютон, как известно, ответить на данный вопрос не смог и поэтому вынужден был допустить некий «*первый толчок*» *божественного происхождения*, благодаря которому и «закрутилась» вся небесная механика (Бог в науке, вообще, всегда был «крайним» – всё, что она не могла в какой-то период времени объяснить, валила на него). Спустя два века вся эта мистика была опровергнута, «часовщиком» оказался, конечно же, вовсе не Бог, а конкретный и доказательно объясненный, в соответствии с комментируемой особенностью взаимосвязи разных картин мира, на *следующем этапе развития науки процесс эволюции материи*.

Этап неклассического естествознания

Второй этап развития естествознания, как было показано выше, завершился созданием последней составляющей классической физики – классической термодинамики. На очереди стояли учения об *электричестве и магнетизме*, которые, казалось бы, должны были получить понимание также с позиций *метафизического* типа мышления. Однако события пошли по сценарию, схожему с логикой формирования классического естествознания. Как работы Коперника, Бруно, Галилея и Кеплера «расчистили место» под создание новой картины мира (см. выше), так и познание тайн электромагнетизма положило начало *крушению метафизического естествознания*. Опираясь на впервые выдвинутую физиком-экспериментатором Майклом Фарадеем идею *поля*, другой физик, теоретик Джеймс Клерк Максвелл разработал новую естественнонаучную теорию – *электродинамику*, обосновывающую существование *электромагнитного поля как иного, ничего общего не имеющего с веществом, а, следовательно, и не подчиняющегося законам механики, вида материи*. В итоге механистическая картина мира утратила статус общенаучной, поскольку появилась альтернативная ей *электромагнитная картина мира*. В качестве принципиально разных положений, на которых базируются данные картины мира, можно указать следующие:

- согласно Ньютону, материя – это вещество, т.е. *дискретная совокупность частиц* или *корпускул* (от лат. corpuscular – частица), причем

данный термин толкуется расширительно – от атома до небесного тела. По Максвеллу же материя представляет собой *непрерывное поле*, или *континуум* (от лат. *continuum* – неразрывное, связанное единство чего-либо). Отсюда термины *«корпускулярная, или вещественная»* и *«континуальная, или полевая»* концепции описания природы;

- гравитационное притяжение тел друг к другу осуществляется через пустоту *мгновенно*, электромагнитное же поле само выступает материальным посредником при своем распространении с *конечной скоростью*, равной скорости света. Принято считать в силу этого, что гравитационное взаимодействие подчиняется *принципу дальнего действия*, а электромагнитное взаимодействие – *принципу ближнего действия*.

Но были и *общие*, свойственные *обеим* картинам мира положения, такие, как однозначность причинно-следственных связей и понимание случайности, как неполноты имеющихся знаний.

Второй причиной крушения метафизического естествознания стали *великие открытия в физике рубежа 19-20 веков*:

- ✓ рентгеновских лучей (немец В.К. Рентген, 1895 г.);
- ✓ электрона (англичанин Дж. Дж. Томсон, 1895 г.);
- ✓ естественной радиоактивности (француз А. Беккерель, 1896 г.).

Эти и другие открытия данного периода *не могли быть объяснимы с позиций классического естествознания*. Возник, по выражению А. Пуанкаре, *«кризис физики»*, когда казавшиеся незыблемыми фундаментальные принципы существующей научной парадигмы – закон сохранения массы, закон сохранения энергии и другие – стали ставиться под сомнение. Действительно, в соответствии, например, с принципами классической механики, электроны, согласно планетарной модели атома Резерфорда – Бора (см. далее тему 1.4), обращающиеся вокруг его ядра по своим орбитам, как планеты вокруг Солнца, должны рано или поздно исчерпать неведомо кем, опять же, приданный им импульс, и упасть на ядро, тем самым разрушив атом – а они не падают, и атомы очень устойчивы во времени. Не лучше дела и у электродинамики Максвелла – электроны, движущиеся по своим орбитам, согласно ей, обязаны, как имеющие заряд частицы, излучать электромагнитные волны. Излучение должно сопровождаться потерей энергии и таким же, как у Ньютона, неминуемым исходом – истощением электроном своей энергии и его падением на ядро атома. Но атомы не только устойчивы, но и нейтральны, то есть не излучают никаких волн. Правда, есть элементы, атомы которых испускают энергию (естественная радиоактивность), но от этого не легче – откуда в столь крошечных материальных объектах такое её количество, когда энергия выделяется непрерывно в течение суток, месяцев и даже лет в объеме, несоизмеримом, например, со сжиганием органического топлива (один килограмм делящегося вещества дает энергии в миллионы (!) раз больше, чем такое же количество углеводородного сырья)?

В итоге возникла ситуация, о которой, как о неотъемлемой черте научного познания, уже не раз говорилось выше – *парадигма классического естествознания себя исчерпала*, и необходимо было создавать *новую*, как основу такой же новой естественнонаучной картины мира.

С учетом длительности кризиса физики и времени его преодоления хронологическими рамками этапа неклассического естествознания принято считать *вторую половину 19 века – первую половину 20 века*. Принципиально отличным от метафизики и главным моментом его новой научной парадигмы стала *идея всеобщей связи или диалектический тип мышления*. Теоретическую же её (этой парадигмы) основу составили *теория относительности и квантовая механика*. Первую можно квалифицировать как *новую общую теорию пространства, времени и тяготения*. Вторая обнаружила вероятностный характер законов поведения материи и принципиально присущую ей *тоже новую, а именно, двуединую – корпускулярно-волновую – сущность*. Изменения, которые в результате данной очередной смены научной парадигмы претерпела естественнонаучная картина мира и сам способ её построения, состояли в следующем:

- в новой картине мира *познанные частные фрагменты природы были синтезированы в единое целое*. Так, два считавшиеся отдельно существующими и не переходящими друг в друга вида материи – вещество и поле – оказались *единой материей* (гипотеза корпускулярно-волнового дуализма, Луи де Бройль, 1924 г.), имеющей в качестве главной во всех уровнях её организации черты, *дискретность строения*. Именно *квантовая гипотеза* (М. Планк, 1900 г.), провозглашавшая наряду с атомизмом вещества *атомизм энергии (взаимодействия)*, т.е. *дискретный (квантовый) характер излучения*, была началом отказа от представлений классической физики и началом формирования неклассического естествознания, или *квантово-полевой картины мира*;
- впервые за всю историю естествознания новый, диалектический тип мышления возобладал не только в физике, но и в других его областях. Так, в *химии*, периодическая система элементов Д.И. Менделеева объяснила *именно общие* закономерности изменения их физических и химических свойств, а в *биологии* генетика Менделя обосновала *такие же общие* законы наследственности и изменчивости;
- еще одним результатом нового, диалектического подхода к пониманию мира, стало выявление *связи форм существования материи – пространства и времени – с самой материей*. В картине мира Ньютона считалось, что пространство, время и материя *абсолютны*, т.е. независимы друг от друга. *Общая же теория относительности* (А. Эйнштейн, 1916 г.) сначала теоретически, а потом и эмпирически подтвердила предположение Аристотеля (см. выше) о том, что *пространство и время – это производные от самого факта наличия материи*;

- другая теория относительности – *специальная* (А. Эйнштейн, 1905 г.) – завершила начатый Коперником и Бруно разгром мании величия человека (также см. выше). Если механистическая картина мира базировалась на гелиоцентризме, то новая, квантово-полевая картина мира провозглашала, с подачи Эйнштейна, *отказ от всякого централизма* (и тем более, антропоцентризма, см. тему 1.1) *вообще*. Привилегированных, выделенных систем отсчета в мире нет, все они равноправны. Любое утверждение может считаться справедливым, только будучи «привязанным», соотнесенным с какой-либо конкретной системой отсчета. Это означает, что любые наши представления об окружающей нас реальности, в том числе и вся научная картина мира в целом, *относительны* или *релятивны* (от лат. relative – переменный). Отсюда еще одно название диалектической концепции новой картины мира – **квантово-релятивистская**;
- данная картина мира отвергла жесткое разделение объекта и субъекта познания (см. тему 1.1). Оказалось, что *достоверность* научного описания первого *зависит от условий* этого познания, когда, например, величина измеряемых параметров состояния микрочастицы определяется видом (классом) применяемых для этого измерения макроприборов (суть одного из законов квантовой механики – принципа дополнительности Н. Бора). Отсюда – *отказ новой картины мира от лапласовского детерминизма и признание случайности и неопределенности неустранимыми и фундаментальными свойствами реальности*;
- из двух последних особенностей неклассической картины мира следует *изменение представлений о сущности естественнонаучной картины мира вообще*, а именно, что «единственно верную», абсолютно точную такую картину не удастся создать никогда, поскольку и квантово-полевая картина мира, и все другие, которые за ней появятся, *всегда* будут иметь *только определенную полноту и завершенность, а также лишь относительно безусловную истинность* (см. тему 1.2).

Общественная значимость периода неклассического естествознания также стала иной. Выражаясь языком экономики, на данном этапе **естествознание стало непосредственной производительной силой**, что по этой значимости *превосходит* его статус как источника прибыли в предыдущем периоде (см. выше). Сказанное можно пояснить следующим сопоставлением роли науки для общества на *разных* этапах её развития. Исползовать, например, колесо и огонь в хозяйственных (экономических) целях человек начал задолго до того, как классическая наука разработала теорию вращательного движения (Галилей) или объяснила суть горения как реакции высокотемпературного окисления (Лавуазье). Получается, что на втором этапе развития естествознания эффективные новые технологии

и прогрессивные орудия труда *не всегда* были *результатом коммерциализации научного знания*, а, скорее, итогом прагматического использования имеющегося эмпирического опыта (как в эпоху неолита, см. выше). В итоге *развитие производительных сил могло, в отдельных случаях, быть реализовано без помощи науки*.

В период неклассического естествознания ситуация изменилась. Если, как в предыдущем случае, загоревшееся от удара молнии дерево, или катящееся бревно могли натолкнуть какого-нибудь безвестного изобретателя-самородка на идею практического использования увиденного, то, к примеру, полупроводниковый транзистор, лазер или атомный реактор ни в каком лесу и ни на какой дороге случайно не найдешь. Да и сами идеи подобных *сверхсложных* орудий труда могут быть генерированы только с научных позиций. В итоге *из источника получения прибыли за счет коммерциализации своего продукта – знания – (второй этап) наука превращается в ресурс экономического роста за счет создания принципиально новой техники и технологии (третий этап)*. По сути именно с диалектического периода развития естествознания и началась эпоха «экономики знаний», когда развитие бизнеса осуществляется за счет известных сейчас всем *инноваций*, источником которых может быть только наука.

Период постнеклассического естествознания

Если предыдущий этап развития науки был инициирован, как это показано выше, проникновением в естествознание идеи всеобщей связи (диалектики), то *данный период является следствием перехода науки к другой идее – идее развития или эволюции*. Подобный новый, *эволюционный* тип мышления предполагал очередное усложнение проблемы познания мира в виде решения уже не *одного*, как на всех предыдущих этапах развития естествознания, вопроса – объяснения устройства *существующего* мира – а, в соответствии с тремя временными наклонениями (прошлым, настоящим и будущим), таких же *трёх* – откуда и как именно он *возник*, как функционирует *сейчас* с учетом взаимозависимости образующих его структур (диалектический подход не отменяется!) и как *будет* эволюционировать этот мир в дальнейшем.

Началом данного, *четвертого* этапа развития естествознания большинство историков науки считают *вторую половину 20 века*. С мнением же о том, что этот период ещё не окончен и именно сейчас он, что называется, «на дворе», согласны все. В силу этого и соответствующая этапу постнеклассического естествознания *современная или эволюционная картина мира* считается *незаконченной*. Какова же её научная парадигма?

Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо в очередной раз показать, как основы *новой* естественнонаучной картины мира зарождались в рамках картины *предыдущей*. Ростками эволюционного естествознания в его третий, неклассический период были:

- в *биологии* – теория эволюции новых видов растений и животных Ч. Дарвина. Сюда же можно отнести гипотезы возникновения жизни на Земле – панспермии (С. Аррениус) и более ранние – креационизма и самопроизвольного возникновения из неживого вещества (античный период);
- в *термодинамике* – трактовка процессов превращения и перераспределения энергии в закрытых системах, приводящая к гипотезе «тепловой смерти» Вселенной Р. Клаузиуса, как финала её эволюции;
- в *астрономии* – космогоническая гипотеза Канта – Лапласа, объяснявшая происхождение звезд и планет;
- в *геологии* – концепция развития геосферных оболочек Земли Ч. Лайеля и гипотеза «дрейфа континентов» А. Вегенера.

Продолжением реализации эволюционного подхода по отношению к *отдельным* отраслям естествознания уже на рассматриваемом, четвертом этапе его развития можно назвать теорию диссипативных систем И. Пригожина (термодинамика), концепцию Большого взрыва Г. Гамова (астрономия), теорию автокатализа А.П. Руденко (химия) и др. Но эти фрагменты нового, постнеклассического естествознания не были единой картиной до тех пор, пока их не объединила в таковую *общая теория самоорганизации материи – любой – живой, неживой, земной, небесной и т.д. – синергетика* (Г. Хакен, И. Пригожин и др.). Именно она составляет основу научной парадигмы *последней, пятой эволюционно-синергетической, или современной естественнонаучной картины мира*. Понятно, что с позиций именно такого, *господствующего в настоящее время эволюционного типа мышления* (см. выше), должны и будут более подробно рассматриваться отдельные фрагменты данной картины, как приводимые далее темы дисциплины «Концепции современного естествознания».

Остается добавить, что в соответствии с новым статусом естествознания в очередной раз изменилась, причем опять в сторону увеличения, естественно, и его общественная значимость – *на четвертом этапе своей истории оно стало социальной силой, определяющей выбор пути развития человеческой цивилизации*. Именно эволюционное естествознание предъявило всем нам жесткую альтернативу, описанную в теме 1.1 (см. выше) – либо мы образумимся и начнем жить по средствам, либо, как раз в *нарушение* законов эволюции, она для нас, как для *бестолковых*, так и не понявших неумолимый характер этих законов, *бесславно и заслуженно* закончится раньше положенного времени.

В качестве промежуточного вывода, касающегося истории развития науки, можно привести аналогию, иллюстрирующую данное развитие как процесс *все более и более достоверного* отображения реального мира. *Античную картину мира* можно уподобить живописному полотну, на котором рисовал очень талантливый автор, но поскольку некоторые фрагменты изображаемой реальности он себе просто не представлял, то художник их

домысливал сам, с большой долей фантазии и выдумки, отчего сходство с реальностью получилось минимальным. *Картины мира Ньютона и Максвелла* – это уже черно-белые фотографии, но вот беда – снимали фотографии *одно и то же*, а на позитивах получились *разные* изображения. Этого недостатка лишена *квантово-полевая картина мира*, которая однозначно, достоверно и почти точно, за исключением мелких деталей, отображает фотографируемый объект, но только в момент съемки. *Эволюционная же картина мира* – это кино, говоря современным языком, формата HD, которое можно «крутить» как вперед, так и назад.

Тенденции развития естествознания

Это следующие закономерности развития науки, присущие, как ***общие, повторяющиеся*** черты этого развития, всем его этапам (периодам):

1. Обусловленность практикой, т.е. неразрывность эмпирического и теоретического этапов научного метода (см. тему 1.2). Только на базе *эмпирической* информации естественного (данные наблюдения) или искусственного (результаты реального или мысленного эксперимента) характера об изучаемом природном явлении может быть построено ***научное, т.е. единственно верное объяснение*** его сущности.

2. Преемственность в развитии идей и теорий (принцип соответствия Н. Бора), согласно которому всякое *новое* научное знание не отвергает начисто знание *предшествующее*, а включает его в себя на правах ***частного*** случая, устанавливая для знания прежнего более ограниченную, чем ранее, область своей применимости. Попросту говоря, научное знание не подвержено износу или обесцениванию подобно, например, экономическим активам, и в науке нет «свалки истории», куда рано или поздно выбрасывается какое-либо *знание*, поскольку оно *является ценностью навсегда*. Другое дело, что эта ценность с течением времени становится присущей *все более и более локальному* фрагменту научной картины мира, в которой любому научному знанию суждено быть вечно. В качестве пояснения можно привести следующую аналогию. Земля, как известно, имеет форму шара, но в *частном* случае, например, перехода через улицу, её смело можно считать плоской. А вот выход за пределы данной улицы, как локального участка, для которого справедливо данное утверждение (допустим, в околоземное космическое пространство), потребует радикально изменить наши представления и создать новую, ***более сложную трактовку более глобальной реальности***, в которой предыдущему утверждению тоже найдется место, но уже лишь на правах *частного*, как говорилось выше, случая. Именно такая картина наблюдается в соотношении, например, классической (старой) и релятивистской (новой) физики, евклидовой и неевклидовых геометрий и т.д.

3. Чередование периодов эволюционного и революционного развития. Первое имеет место на протяжении соответствующего периода (этапа) истории естествознания (см. выше) и характеризуется *неизменностью* гос-

подствующей в этот период научной парадигмы и соответствующей данному этапу картины мира (там же). Научные революции, очевидно, предполагают *смену* и того, и другого, и, как следствие, переход к очередному этапу истории естествознания. При этом *данное развитие науки, как диалектическое единство прерывности и непрерывности, революционности и стабильности, имеет тенденцию к ускорению* – если между аристотелевской и ньютоновской революциями лежит пропасть шириной почти в две тысячи лет (см. выше), то квантово-полевою картину мира от механистической отделяют уже не более двухсот. А последняя, эволюционно-синергетическая парадигма появляется ещё быстрее – менее чем через сто лет (там же). *Причина* – ставка на науку, как на *источник экономического развития*, о чем также уже было сказано ранее.

4. Противоречивость развития, когда несовместимые концепции находят разрешение в принципиально новом теоретическом толковании более высокого уровня. Данная закономерность является, с одной стороны, ещё одним подтверждением правоты принципа соответствия (см. *вторую* тенденцию развития науки), а с другой – проявлением уже упоминавшегося закона диалектики Гегеля, а именно, закона единства и борьбы противоположностей (см. *третью* тенденцию этого же развития). Хрестоматийным примером проявления этой закономерности развития науки является знаменитый спор о природе света между Ньютоном, считавшим свет потоком *частиц*, и сторонниками *волновой* природы света (Гюйгенс, Френель, Юнг). В качестве своей правоты каждая сторона приводила *абсолютно достоверные* эмпирические факты: Ньютон – закономерности отражения и преломления света, континуальщики – явления его дифракции и интерференции. Данная ситуация, противоречащая научному методу, когда имеются две правды по одному поводу, была, как известно, разрешена появлением гипотезы корпускулярно-волнового дуализма, которая, как толкование *более высокого* порядка, включила в себя *частными случаями* обе *антагонистичные друг другу* концепции – и корпускулярную, и полевою.

5. Повторяемость идей (концепций) с постоянными возвратами к пройденному, но на более высоком уровне. Данная тенденция есть проявление ещё одного закона диалектики – закона отрицания отрицания (спирали Гегеля) – когда *новое* теоретическое толкование оказывается странно похожим на высказывание *более раннего* порядка, как догадки, опередившей свое время. Пример единства взглядов Аристотеля и Эйнштейна на взаимозависимость материи с формами её существования уже приводился выше, а между ними, как одноименными точками соседних витков спирали развития знания – почти две тысячи лет. Примерно за столько же до Коперника Пифагор высказывал предположение о центральном месте Солнца среди небесных тел. Данную особенность можно квалифицировать как присущее науке качество *креативности, неординарности и многовариантности мышления*. Можно ещё добавить, что и вся описанная выше по-

следовательность смены картин мира также представляет собой *метод итераций (последовательных приближений)*, когда одна и та же задача – познания мира – решается *несколько раз*, и с каждой следующей попыткой её решения *качество результата этого решения (достоверность научной картины мира) растёт*, т.е. очередной последующий виток «спирали развития знания» всегда расположен *выше* предыдущего её витка.

6. Взаимодействие отраслей естествознания через их дифференциацию и интеграцию. Исторически *первым* был процесс именно дифференциации, когда научное знание натурфилософского периода было поневоле *синкретичным*, т.е. слитным, неразделенным, поскольку делало свои первые шаги. Но уже во времена Аристотеля перечень пока ещё зачатков будущих наук достигал двух десятков (философия, геометрия, астрономия, география, медицина и т.д.). Этап классического естествознания потому и назывался *аналитическим* (см. выше), что *деление природы* на отдельно и детально изучаемые фрагменты потребовало *дробления* *научного знания* на все более обособленные и многочисленные разделы. Этот процесс дифференциации и в последующие этапы развития науки усугублялся *раздвижением границ познаваемого мира* – новые области исследования, куда проникал человек – ближний космос, мир элементарных частиц, клетка – «закреплялись» за соответствующими новыми разделами знания. Одновременно внутри этих границ обособлялись *все более и более локальные* области изучаемых объектов природы, что также вело к увеличению числа научных дисциплин. В *физике*, например, образовалось целое семейство наук – механика, оптика, электродинамика, термодинамика и др. Интенсивно делилась *химия* – сначала на органическую и неорганическую, затем на физическую и аналитическую, позднее возникли химия углеводов и структурная химия. Процесс этот продолжается и сейчас. Только недавно выделившаяся из биологии *генетика* уже предстает в разных видах – эволюционная, молекулярная, волновая. В химии появились квантовая химия, плазмохимия, радиационная химия, в физике – физика горения и взрыва, физика полупроводников, физика высоких энергий, физика твердого тела и т.д.

Но уже в рамках классического естествознания (второй этап) стала постепенно утверждаться идея *принципиального единства всех явлений природы*, а, следовательно, и объясняющих их научных дисциплин. Оказалось, например, что объяснение химических явлений невозможно без привлечения физики; изучение объектов геологии требовало как физических, так и химических методов анализа. Такая же ситуация сложилась и с объяснением жизнедеятельности организмов – ведь даже простейший из них представляет собой весьма сложную термодинамическую и химическую систему одновременно. Поэтому стали возникать «*смежные*» (одной группы, согласно предметному признаку классификации наук, см. тему 1.1) естественнонаучные дисциплины типа физической химии, химической физики, биохимии, геофизики и т.д., в результате чего *границы между офор-*

мившимися разделами и подразделами естествознания – итог его дифференциации – стали прозрачными и условными. Более того, в настоящее время интегративные процессы в науке начинают **доминировать** над процессами дифференциации, а интеграция естественнонаучного знания, по мнению многих исследователей развития науки, стала **главной** его тенденцией. Сейчас она проявляется в следующих формах:

- **организация исследований «на стыке» смежных научных дисциплин.** По мнению большинства современных ученых, именно там локализуются самые интересные и многообещающие научные проблемы. В качестве примеров подобных «комплексных» задач, требующих участия ученых разного профиля, можно назвать экологические проблемы или проблему возникновения жизни;
- **разработка *новых* общенаучных (см. тему 1.2) методов исследования** (спектральный анализ, хроматография, компьютерное моделирование);
- **поиск «объединительных» теорий и принципов, к которым можно было бы свести бесконечное разнообразие явлений природы и установить их всеобщую связь.** Наиболее известным примером подобного рода является *единая теория поля*, в которой Эйнштейн пытался объединить известные в начале 20 века два из четырех фундаментальных взаимодействия – гравитационное и электромагнитное (см. тему 2.3), но не смог и отступил (даже он!);
- **разработка теорий, выполняющих *общеметодологические* (см. тему 1.2) функции в естествознании** (общая теория систем, кибернетика, синергетика).

Сказанное вовсе не означает, что в настоящее время процессы дифференциации научного знания сошли на нет – они, конечно же, продолжаются, поскольку *дифференциация и интеграция отраслей естествознания – не взаимоисключающие, а диалектически единые и взаимодополняющие друг друга*, в соответствии, опять же, с законом единства и борьбы противоположностей (см. выше), *тенденции его развития*.

7. Возрастание роли естествознания в жизни общества. Данная тенденция четко видна из оценок значимости науки обществом на *разных этапах* её развития (см. выше) – от практически никому не нужного хобби чудаков (*античный период*) к источнику получения прибыли (*этап классического естествознания*), затем к статусу самого значимого и единственного ресурса развития (*период неклассического естествознания*) и, наконец, к роли социальной силы, которая поможет человечеству решить свои наиболее важные проблемы (*этап постнеклассического естествознания*).

1.4. Развитие представлений о материи

Данная тема и две следующие за ней, как *три последних темы* первого модуля курса лекций по дисциплине «Концепции современного естествознания», посвящены *трем наиболее крупным и важным научным категориям естествознания – материи, движению и взаимодействию*. Проследить *эволюцию представлений о них* удобно по периодам его истории (см. предыдущую тему).

Начнем с *материи*, как с **самой главной** не только для естественно-научной, но и для гуманитарной культуры категории. Её современная философская трактовка гласит, что **материя – это объективная реальность, существующая независимо от человеческого сознания и отображаемая им**. Данное представление о материи является результатом следующей эволюции взглядов на неё.

Проблема *материи*, как **первоначала**, из которого возникают все вещи и в которое со временем они превращаются, впервые была сформулирована в античный период развития естествознания (см. тему 1.3), а именно, представителями ионийской (милетской) школы (там же). Для нас сейчас не так важно, комбинацией, каких именно первоэлементов («стихий») – воды, огня, земли или других – считали наш мир представители данной научной программы. Гораздо важнее сам факт **постановки проблемы существования и познания материи, первое решение которой сводилось к следующему**:

- уже в этой, первой трактовке материи закладывалась идея её *вечного движения*, безостановочной изменчивости реального мира. Как аргументы, можно привести самые знаменитые высказывания Гераклита, одного из представителей милетской школы – «Все течет, все меняется» и «Нельзя дважды войти в одну и ту же реку»;
- данное представление о материи, как другие взгляды данного периода на неё, которые будут рассмотрены ниже, было сугубо *натурфилософским*, поскольку здесь ещё не разделилось естественнонаучное (научное) и философское (гуманитарное) знание (см. тему 1.3). В силу этого и *задача познания* сводилась пока что к **чисто философской** – постичь *сущность и предназначение материального объекта*, поскольку ни об экспериментальном его исследовании, ни о математическом описании сути какого-либо доступного тогда для изучения природного процесса или явления (научный метод, см. тему 1.2) на данном этапе развития науки не могло быть и речи.

Вторым подобного рода *умозрительным* представлением античного периода о материи была *идеалистическая программа Пифагора – Платона*, согласно которой *реальный мир, мир чувственно ощущаемых нами вещей не есть мир истинно сущего* – эти вещи возникают и погибают, в них нет ничего прочного и неизменного. *Подлинная сущность чувственных вещей, их*

причины – бестелесные формы, постигаемые умом. Эти причины (формы, основы, первоначала) Платон назвал **идеями** (по-русски «идея» – это мысль, сущность, причина, замысел, план). *Идея – это то, что видно разумом в вещи.* Идея вещи не является отражением вещи, а наоборот, идея вещи, хотя и существует в отрыве от самой вещи, представляет собой принцип её создания и причину «материализации» этой вещи.

Мир идей (или идеальный мир) – это реальность, которая существует *отдельно* от земного (материального) мира. Мир идей *первичен* по отношению к материальному миру, миру вещей, т.е. *земной мир произведен от идеального*. Идеальный мир совершенен, вечен и неизменен, материальный же мир является лишь отражением мира идей, подверженным изменениям и распаду.

В чем «продвинутость» данной *идеалистической* концепции по отношению к милетской, сугубо *материалистической*, трактовке реальности? В том, что, по Платону, *созидание земного мира творцом – идеальным миром (Богом-демиургом) – подчиняется строгим математическим закономерностям*, что открывает возможности для его рационального (теоретического) анализа (объяснения). *Только познание мира идей с помощью математики является единственным путем получения достоверного знания – это же предвосхищение научного метода (см. тему 1.2)!* Именно с подачи объективного идеализма Пифагора – Платона началась сначала частичная (александрийский и древнеримский этапы античного периода истории естествознания, см. тему 1.3), а затем и полная *математизация науки* (этап классического естествознания, там же).

Возвратом к *материалистической* трактовке всего сущего, но уже на более высоком уровне (спираль Гегеля, *пятая* тенденция развития естествознания, см. тему 1.3) следует считать *концепцию атомизма* Левкиппа – Демокрита (второй, афинский период античного этапа истории естествознания, там же), получившую развитие в рамках его третьего, александрийского (Эпикур) и четвертого, древнеримского (Лукреций) периодов. Данная концепция – одна из самых эвристичных, плодотворных и перспективных научно-исследовательских программ в истории науки. Она сыграла выдающуюся роль в развитии представлений о *структуре* материи, в ориентации движения естественнонаучной мысли на познание *все более глубоких* структурных уровней организации материи. Применяемая уже не к атомам, а, как будет показано ниже, сначала к любым вещественным телам, а потом к элементарным частицам, она вошла одной из неотъемлемых составляющих в научные парадигмы *следующих* этапов развития естествознания – *классического и неклассического* (принцип соответствия, *вторая* тенденция его развития, см. тему 1.3). Именно поэтому даже сейчас, через 2 500 лет после возникновения концепции атомизма, её по-прежнему чрезвычайно высоко оценивают современные ученые. Нобелевский лауреат, физик Р. Фейнман по этому поводу выразился так, что если бы челове-

ству грозила какая-то вселенская катастрофа, которая нас уничтожит полностью, уцелеет от нашей цивилизации, как памятник ей, только *одно* слово, но чтобы те, кто когда-нибудь набредет на нашу общую могилу, прочитав это слово, преисполнились уважения к тому, как *много* мы знали – это слово должно быть «*атомизм*».

Завершает трансформацию представлений античного этапа о материи её *континуальная*, аристотелевская (см. тему 1.3) трактовка, принципиально противоположная атомистической, *дискретной*. С одной стороны, она ещё раз подтверждает закономерность развития познания, заключающуюся в возврате к пройденному, но на более высоком уровне (Аристотель, напомним, вернулся к идее милетских «стихий», там же), а с другой, является началом одного из самых интересных научных противостояний в истории естествознания – *противоречия между корпускулярной и континуальной* концепциями описания природы (трактовки материи), то есть проявлением *четвертой* тенденции развития науки (см. тему 1.3).

Становление *обеих* концепций происходило на *втором* (классическом, см. тему 1.3) этапе истории естествознания. *Исторически первой, в рамках механистической картины мира* (там же) сложилась *корпускулярная модель реальности*, представляющая собой *расширенное толкование* (снова принцип соответствия!) *атомистической гипотезы* – материя рассматривается как *дискретное вещество*, состоящее не только из неделимых атомов (по Демокриту), а из частиц (корпускул, см. тему 1.3) земного или небесного происхождения *любого* (по Ньютону), а не только атомарного, размера. *Усложнение* (очередное) представлений о материи очевидное – не только распространение принципа дискретности её строения на *все известные для того периода времени реальные системы*, но ещё и возможность с помощью уравнений классической механики *точно и однозначно* определить какие-либо *параметры их состояния* (об этом понятии будет сказано в следующей теме) – энергию систем, скорость их движения и др. – по аналогичным параметрам образующих эти системы элементов (корпускул), как по исходным данным.

Данная концепция, как уже указывалось в теме 1.3, оказалась чрезвычайно плодотворной по отношению к описанию поведения именно *дискретного вещества*. Однако были два вида природных явлений – сначала *оптических*, потом *тепловых*, а затем *электромагнитных* (там же) – которые не могли быть *полностью* объяснены с позиций корпускулярной концепции. Последний выделенный акцент означает следующее. Ньютон, естественно, пытался *распространить* корпускулярную концепцию и на объяснение природы *света*, считая его потоком мельчайших частиц, испускаемых светящимися телами, которые движутся в соответствии с законами механики и вызывают ощущение света, попадая в глаз. На базе этой своей корпускулярной теории света он успешно объяснил явления его *отражения и преломления*. Но другие оптические явления данная теория объ-

яснить не смогла – это явления *интерференции* (возникновения полосчатой картины при наложении света на свет) и *дифракции* (огибания светом непрозрачной преграды) – поэтому нидерландским физиком Х. Гюйгенсом была предложена другая, *волновая* или *континуальная* концепция, согласно которой свет представляет собой не поток материальных частиц, а колебания упругой среды, заполняющей все пространство – *светоносного эфира (непрерывного континуума)*. Распространение света рассматривалось как распространение колебаний этой среды – каждая отдельная точка эфира колеблется в *вертикальном* направлении, а колебания всех точек создают картину волны, которая *горизонтально* перемещается в пространстве от одного момента времени к другому. С данной позиции дифракция света допускалась также естественно, как ранее *многократно подтвержденное* огибание препятствий другими, *звуковыми* волнами. Причина же того, что свет, добавленный к свету, не обязательно дает только более сильный свет (как это должно было быть с точки зрения корпускулярной теории света), а чередование светлых и темных световых полос, заключается в несовпадении гребней и впадин световых волн, из-за чего наложение, например, гребня и впадины двух разных волн приводит к тому, что они взаимно «гасят» друг друга, и в результате этого появляются темные полосы, и наоборот. Также успешно волновая концепция объясняла отражение и преломление света.

Окончательное становление континуальной концепции описания природы произошло в рамках уже *периода неклассического естествознания* в виде *электромагнитной картины мира* (см. тему 1.3). Сначала трудами Фарадея и других (там же) была доказана *единая* природа оптических, электрических, тепловых и магнитных явлений, а затем Максвеллом разработана *теория нового вида материи – электромагнитного поля*. Согласно этой теории, получившей название *электродинамики Максвелла*, *переменное* магнитное поле индуцирует (вызывает, создает) *переменное* электрическое поле, и наоборот. В результате происходит постоянное изменение *во времени* напряженностей *обоих* полей, т.е. *генерация переменным электромагнитным полем самого себя*, и его самостоятельное, не «привязанное» к материальным объектам – носителям *первичных* электрических и магнитных зарядов (полей) – распространение в пространстве в виде *электромагнитных волн*. Существование этих волн, математически строго доказанное *теоретиком* Максвеллом, было *экспериментально* подтверждено Г. Герцем, в результате чего к концу 19 века, т.е. также в рамках *этапа неклассического естествознания* (см. выше), физика пришла к выводу, что материя существует в двух *независимых друг от друга и принципиально различных* видах – дискретного вещества и непрерывного поля. В соответствии с господствовавшим на данном этапе истории естествознания *диалектическим* типом мышления (там же), *такое противопоставление было недопустимо*, но для того, чтобы разрешить противоречие между

корпускулярной и континуальной концепциями описания природы и доказать *единство* не только выше рассмотренных, а вообще всех видов материи, науке пришлось освоить и изучить новый, доселе неизвестный уровень организации материи – мир *атома*.

Началось все с открытия в 1897 году английским физиком Дж. Дж. Томсоном *электрона* – отрицательно заряженной частицы, входящей в состав всех атомов. Поскольку атом электрически *нейтрален*, пришлось допустить наличие в его структуре эквивалентной электрону по величине заряда, но противоположной по знаку *положительно* заряженной области, или частицы – *протона*. Выяснилось, что по массе электрон меньше протона в 1836 раз. На основании этого *первая модель строения атома* того же Томсона называлась «изюм в пудинге» – электроны вкраплены в большую область положительного заряда отдельными редкими частицами.

Опыты другого английского физика, Э. Резерфорда, по сканированию внутренностей атома радиоактивным излучением опровергли модель Томсона. Оказалось, что атом преимущественно пуст, но в центре его расположена положительно заряженная микрочастица, размер которой (10^{-15} м) очень мал по сравнению с размерами атома (10^{-10} м), и в которой почти полностью сосредоточена масса атома. На основании этих новых экспериментальных данных Резерфорд в 1911 году предложил свою *модель строения атома*, часто называемую «*планетарной*», потому что, согласно ей, в центре атома находится ядро, состоящее из массивных положительно заряженных частиц – протонов (спустя 8 лет были экспериментально обнаружены тем же Резерфордом) – вокруг которого, подобно планетам Солнечной системы, по своим орбитам движутся электроны. Поскольку теоретическое обоснование данной модели дал датский физик Н. Бор, её часто называют планетарной моделью атома Резерфорда – Бора.

Развитие представлений о *материи* в рамках того же периода *неклассического естествознания* продолжилось открытием ещё одной элементарной частицы – *нейтрона* (английский физик Д. Чедвик, 1932 г.) – и предложенной сразу вслед за этим советским физиком Д.Д. Иваненко моделью *ядра атома*, состоящего из протонов и нейтронов. По этой модели электрически нейтральный атом содержит в своем положительно заряженном ядре равное число протонов и нейтронов, а вокруг ядра расположены составляющие атом электроны, число которых равно числу протонов. Пару «протон + нейтрон» стали называть *нуклоном*. Нуклоны, составляющие ядро атома, по своей массе тяжелее образующих этот атом электронов в 4 000 раз.

Модель атома, как уже говорилось (см. тему 1.3), противоречила существовавшим тогда, т.е. в период неклассического естествознания (там же) научным теориям. Эта ситуация ещё более усугубилась, когда появились эмпирические факты такого же несоответствия господствующих в данный период времени теоретических представлений не только по отношению к недавно открытой области материальных систем (миру атома), но

и для вполне, казалось бы, уже давно изученных *земных процессов*, в частности, процессов взаимодействия поля (*электромагнитного излучения*, о нём подробно в двух следующих темах) с веществом.

Возникновение такого очередного, полностью, кстати, соответствующего сути научного метода (см. тему 1.2), противоречия было инициировано, что любопытно, причиной чисто *экономического* характера. В 80-е годы 19 века в Германии началось бурное развитие ламповой промышленности. Коммерциализация изобретения американца Т.А. Эдисона – *лампы накаливания* (которую у нас почему-то называли «лампочкой Ильича») – потребовала определения наиболее оптимальных с точки зрения *максимальной светимости* её нагревательного элемента ***режимов его нагрева*** – частоты и (или) длины волны подводимого электромагнитного излучения. Для решения такой сугубо *коммерческой* задачи ученые получили от будущих немецких ламповых королей, говоря сегодняшним языком, заказ на *прикладные научные исследования* – какие материалы и при какой длине волны нагрева обеспечивают максимум интенсивности *электромагнитного излучения* в видимой части его спектра.

С *экономической* точки зрения данная задача была успешно решена – для исследуемых материалов (например, для той же вольфрамовой нити) были найдены конкретные режимы нагрева, обеспечивающие максимальную светимость ламп накаливания, а, следовательно, и максимальную прибыль их производителям. А вот в *научном* плане ученые получили проблему в полном соответствии с сущностью *научного* же метода – *полученные экспериментальные данные не могли быть объяснены существующей теорией*. Оказалось, что известные законы, описывающие зависимость интенсивности излучения от длины волны, с которой нагревается материал, по отношению к полученным эмпирическим данным справедливы лишь *частично* – закон Рэлея – Джинса пригоден только для длинных волн, а закон Вина – только для коротких (рис. 1.8). Но это было бы ещё полбеда. Потрясение основ, в данном случае, основ *классической электродинамики Максвелла*, частью которой были оба эти закона, заключалось в том, что по ней, с ростом температуры тела (уменьшением длины волны нагрева, см. рис. 1.8) *интенсивность излучения должна была расти неограниченно, вплоть до бесконечности* (там же). Такое невозможное, с точки зрения практики и здравого смысла, но допускаемое существующей научной теорией развитие событий получило в физике 19 века название «*ультрафиолетовой катастрофы*».

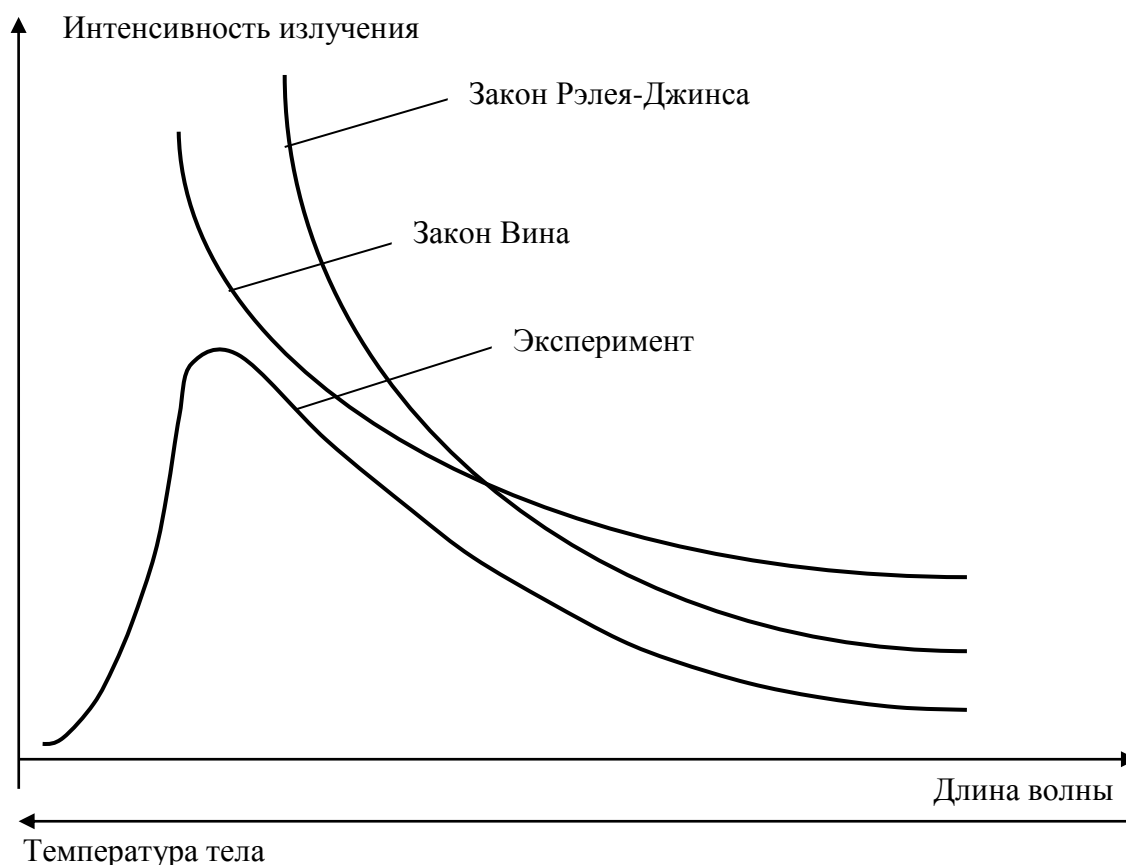


Рис. 1.8. «Ультрафиолетовая катастрофа»

Разрешить ситуацию удалось немецкому физику М. Планку. Он вывел новую формулу, описывающую распределение энергии излучения в зависимости от частоты нагрева, которая имела не *асимптотический*, как зависимости Вина и Рэлея – Джинса (см. рис. 1.8) характер, а *колоколообразную*, как результаты эмпирических исследований (там же) форму. Но для того, чтобы добиться подобной «сходимости» теории и практики, Планку пришлось ввести *допущение*, гласившее, что вещество не может испускать энергию излучения иначе как *конечными порциями (квантами)*, пропорциональными частоте этого излучения. Это вело к признанию наравне с атомизмом вещества *атомизма энергии (действия)*, т.е. *дискретного (квантового) характера излучения*, что не укладывалось в рамки классической физики. Поэтому день 14 декабря 1900 г., когда Планк впервые озвучил свою *квантовую гипотезу* на заседании Немецкого физического общества, считается днем создания *квантовой физики* – основы нового, неклассического естествознания (см. тему 1.3).

На доклад Планка о квантовом характере излучения никто сначала особенного внимания не обратил, посчитав введение им понятия кванта остроумным приемом, «*фокусом аппроксимации*», разрешившим возникшие между теорией и практикой противоречия. Первым квантовую гипотезу применил и развил А. Эйнштейн при *объяснении явления фотоэффек-*

та (1905 г.). Это явление, известное с 90-х годов 19 века, заключалось в том, что электрически отрицательно заряженные металлические пластинки при облучении светом дуговой лампы теряли свой заряд, причем тем быстрее, чем интенсивнее был световой поток, падающий на них. Данный *эмпирический факт, опять же, не мог быть объясним с позиций классической физики*, считавшей свет волной – волна не может «выбивать» электроны из металлической пластинки, в результате чего отрицательный заряд последней уменьшается.

Объяснение Эйнштейна же было очень простым – «*дождь*» из **квантов света** «барабанит» по металлу, в результате чего из атомов последнего выбиваются электроны из расчета, что *один* квант «вырывает» *один* электрон (между прочим, это Нобелевская премия по физике 1905 года!). Эйнштейн пошел дальше Планка – во-первых, он распространил квантовые представления не только на испускание, но и на *поглощение* электромагнитного излучения, и, во-вторых ввел название для его кванта – *фотон*.

Собственно *преодоление* «висевшего» в науке с предыдущего, второго этапа истории естествознания противоречия между корпускулярной и континуальной концепциями описания природы было реализовано двумя следующими шагами в развитии представлений о материи. Сначала французский физик Луи де Бройль выдвинул предположение о том, что не только фотоны, но и электроны, и любые другие частицы материи *обладают и вещественными, и волновыми свойствами одновременно* (гипотеза корпускулярно-волнового дуализма, 1924 г.). Насколько трудно шло формирование столь необычных, новых представлений о реальности говорит такой факт, что когда Эйнштейн рекомендовал ознакомиться с докторской диссертацией Луи де Бройля, где тот излагал свои взгляды, *такому же, как они оба, физику (!)* М. Борну, он выразился так: «Прочитайте её! Хотя и кажется, что её писал сумасшедший, написана она солидно».

Экспериментальное подтверждение гипотеза корпускулярно-волнового дуализма получила в 1927 году, когда американские физики К. Дэвиссон и Л. Джермер обнаружили *дифракцию электронов* при прохождении их пучка через естественную дифракционную решетку – кристалл никеля. И только после этого доказательства наличия у электронов – *частиц вещества – волновых свойств* Луи де Бройль стал лауреатом Нобелевской премии.

Вторая часть *диалектического единства* двух видов материи, постулируемого гипотезой Л. де Бройля, может быть пояснена *вещественно-полевой природой фотона* (рис. 1.9), который локализован в пространстве в виде *волнового пакета* (набора из 10^5 – 10^6 колебаний электромагнитного излучения). *Внутри* этого пакета имеет место *конструктивная* интерференция (наложение) этих колебаний, а *вокруг*, во всех остальных областях пространства – *деструктивная*, в силу чего фотон материально «присутствует» только внутри себя, как сгустка волн, и больше нигде. Данный сгу-

сток (пакет), с одной стороны, обладает всеми *волновыми свойствами* – распространяется со скоростью света (см. тему 1.3), не имеет массы покоя и т.д. Но с другой стороны, когда он на такой большой скорости «ударяется» о вещество, он, уже именно как *вещественное* материальное образование, за счет своей громадной кинетической энергии «выбивает» с поверхности последнего электрон (см. рис. 1.9), как градина, что оставляет вмятину на крыше кузова автомобиля, с той лишь разницей, что атомы металла побитой градом крыши, в отличие от металлической пластинки, претерпевающей явление фотоэффекта, своих электронов не теряют (см. выше).

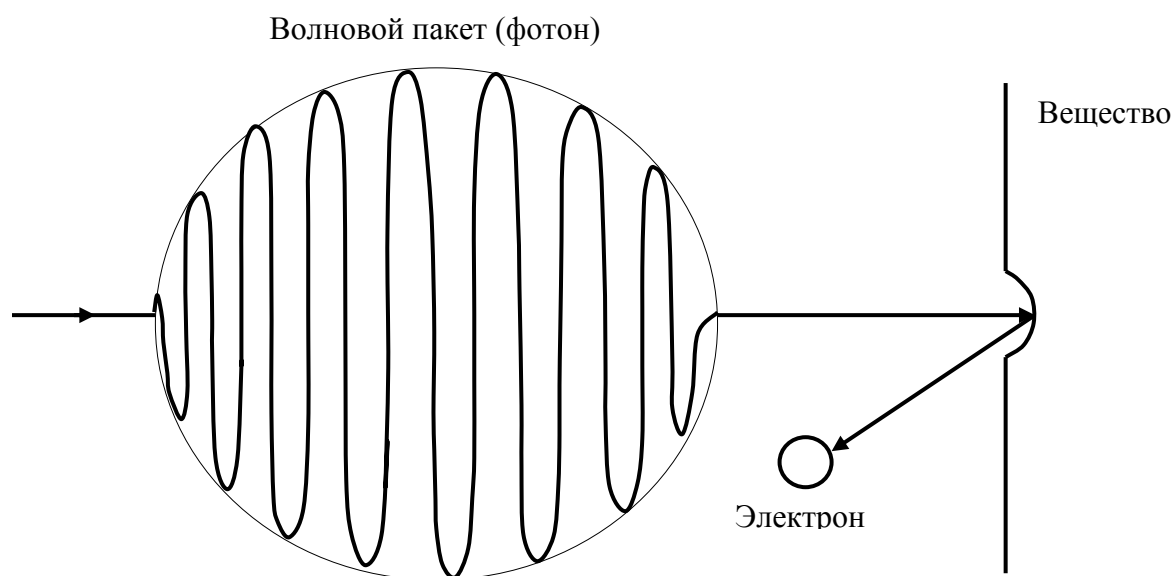


Рис. 1.9. Вещественно-полевая природа фотона

Следует пояснить, что описанную выше двуединую сущность материи нельзя понимать буквально и задаваться, подобно героине чеховской «Чайки», вопросом – если я не только человек, но, как выясняется, ещё и волна, почему я не летаю со скоростью света? Ответ, не литератора Чехова, а физика де Бройля, будет таким. Соотношение *вещественных* и *волновых* свойств материального объекта определяется выведенным тем же де Бройлем математическим соотношением двух количественных характеристик данного объекта – *размера* тела (частицы) L и соответствующей этому телу (частице) *длины волны* λ . Если эти величины *сопоставимы*, то континуальная и корпускулярная сущность данного объекта выражены примерно *одинаково*. Так, у электрона его диаметр *одного порядка* с соответствующей ему длиной волны (около 10^{-15} м), поэтому ему присущи и вещественные (наличие массы покоя), и полевые (результаты опыта Дэвиссона – Джермера, см. выше) свойства. Для Нины же Заречной эти величины равны соответственно 10^0 м (средний рост человека) и 10^{-33} м (такого излучения вообще нет, самое коротковолновое из известных, гамма-

излучение, имеет длину волны всего 10^{-12} м), поэтому мы, как объекты *земной* реальности, в отличие от электрона, свою вторую, полевую сущность продемонстрировать не можем, хотя она *принципиально* есть.

На последнем, *четвертом* этапе истории естествознания представления о материи развивались следующим образом. Прежде всего, выяснилось, что *состав элементарных частиц* не ограничивается уже известными протонами, нейтронами и электронами (см. выше). К 60-м годам 20 века было открыто более 400 элементарных частиц, классифицируемых по их участию (или неучастию) в том или ином *фундаментальном взаимодействии* (данное понятие будет рассмотрено далее, в теме 1.6). По данному классификационному признаку все частицы относятся к *двум* основным группам.

К *адронам* (от греч. *сильный, большой*) относятся элементарные частицы, которые особенно активно принимают участие в *сильном взаимодействии* (также будет рассмотрено в теме 1.6), но могут участвовать также в *электромагнитном и слабом взаимодействии* (там же). Их большинство (сотни наименований), они обладают наибольшей массой (поэтому их называют ещё *тяжелыми частицами*) и имеют, как будет показано ниже, *наиболее сложное внутреннее строение*. Самыми известными и широко распространенными являются как раз такие адроны, как *протон и нейтрон*.

Ко второй группе элементарных частиц принадлежат *лептоны* (от греч. *легкий, тонкий*), участвующие только в *электромагнитном и слабом* взаимодействиях. Их, наоборот, всего 12, они не обнаруживают внутренней структуры, и самым типичным лептоном является первая из открытых элементарных частиц – *электрон* (см. выше).

Существование столь большого числа адронов как сложных по своему строению элементарных частиц побудило физиков заняться изучением их внутренней структуры. Эти поиски привели к разработке *кварковой модели адронов* (американцы М. Гелл-Манн и Дж. Цвейг, 1964 г.). Согласно ей *кварки* – это гипотетические материальные частицы, из которых состоят *все* адроны. Несмотря на большое многообразие последних, любые адроны являются комбинациями лишь *трех кварков и их античастиц (трех антикварков)*. Кварки имеют размер, на три порядка (в тысячу раз!) меньший, чем размер атомного ядра (10^{-18} м) и, по сути, *на сегодняшний день являются последней ступенью дробления адронной материи, т.е. вещества*. Практически или экспериментально кварки в свободном состоянии *не обнаружены*, несмотря на многочисленные поиски на ускорителях высоких энергий, в космических лучах и в окружающей среде, есть лишь *косвенные* подтверждения факта их *существования только в связанном состоянии*, полученные при исследовании ядерных реакций.

Кварковая модель, по сути, является *сегодняшней (последней) версией концепции атомизма* (см. выше), согласно которой всё вещество Вселенной состоит из *кварков*, «собранных» в *адроны*, адроны образуют *ядра атомов*, а те, в совокупности с *электронной (лептонной) «оболочкой»* – сами *атомы*.

Но, в соответствии с господствующим на современном, *четвертом* этапе истории естествознания *эволюционным* (см. тему 1.3) типом мышления, следует решить вопрос о *происхождении* кварков и лептонов, как «первокирпичиков» природы. Ответом на него является концепция *физического вакуума*, как материальной субстанции, где *рождаются* эти элементарные частицы. Сейчас в физике под данным термином понимают квантовое поле, кванты которого *рождаются и исчезают одновременно*, потому что промежутки времени, в течение которых происходят, чередуясь, эти два *противоположных по смыслу материальных* процесса, равны нулю. В итоге физический вакуум представляет собой сплошной, но невидимый и ненаблюдаемый (как можно видеть или наблюдать то, чего в *любой момент времени нет!*) фон (или, по представлениям классического естествознания, *эфир*, заполняющий всё мировое пространство, см. тему 2.1). Согласно трактовке автора данной концепции, английского физика П. Дирака (Нобелевская премия 1933 года), *физический вакуум – это квантовое поле с наинизшим энергетическим состоянием*. В нем нет ни частиц вещества, ни частиц поля, но в то же время, физический вакуум материален, поскольку в нем постоянно идут процессы, в результате которых рождаются пары «частица + античастица», которые тут же друг друга взаимно уничтожают (аннигилируют). Такие частицы, из которых «состоит» физический вакуум, получили название *виртуальных*, т.е. возможных. Очень понятно и правильно суть данной сложнейшей категории физики образно пояснил кто-то из великих, сказав, что физический вакуум – это «нечто по имени Ничто».

Как же из «ничего» может возникать материя в виде конкретных частиц вещества (кварков и лептонов, см. выше), имеющих массу покоя – это же нарушение закона сохранения материи! Чтобы «спасти» концепцию физического вакуума от подобной ереси, физики приписывают ему свойство *давать сбои* в ходе взаимосвязанных процессов рождения и исчезновения частиц и античастиц. Причины таких сбоев, называемых в физике *нарушениями симметрии* (см. тему 2.4), неизвестны, но *теоретически возможно*, что их результатом могут быть *уцелевшие после «неправильно» прошедшей аннигиляции* кварки или лептоны. Ситуация с *практическим подтверждением* таких предположений примерно такая же, что и с кварковой моделью – пока, в рамках уже следующего, четвертого этапа истории естествознания, т.е., в наше время, экспериментально удалось реализовать только процессы рождения и аннигиляции частиц и античастиц на современных ускорителях.

В качестве *последних по времени* результатов развития представлений о материи следует упомянуть *теорию струн (суперструн)* и гипотезу о существовании «*темной материи*». Первая возникла, как средство преодоления противоречий, накопившихся к рубежу 20-21 веков в физике элементарных частиц, т.е. в полном соответствии с *четвертой* тенденцией развития науки (см. тему 1.3). Она исходит из предположения, что коль

скоро число кварков оказывается довольно большим, они могут состоять из *ещё более мелких частиц (струн)*, представляющих собой не точечные образования, как элементарные частицы, а некие объемные фигуры – торы (петли). В качестве очередного факта иллюстрации *усложнения* наших представлений о реальности в результате появления данной теории (реализации главного *принципа познания*, там же) скажем только, что длина струны составляет 10^{-35} м, т.е. она *в сто миллиардов миллиардов раз (!)* меньше размера атомного ядра.

Еще более сложные представления связаны с «темной материей». В отличие от теории струн, её существование *экспериментально доказано* наблюдениями за звездами, которые в 1998 г. показали, что эволюция Вселенной идет *совсем не так*, как предписывает ей *существующая* космологическая модель – *процесс расширения Вселенной не замедляется со временем, а, напротив, только ускоряется* (американские физики С. Перлмуттер, А. Рисс и Б. Шмидт, Нобелевская премия 2011 года). Для объяснения полученных данных пришлось предположить, что обнаруживаемая нашими приборами материя Вселенной – звезды, планеты, кометы и др. – составляет не более 4 % её массово-энергетического объема. Остальное приходится на две неких *неизвестных* субстанции – «*темную энергию*» (75 %) и «*темную материю*» (21 %). Неизвестных потому, что *видеть и исследовать их мы не можем*, поскольку они никакого излучения – единственного для нас *источника информации о космосе* – не поглощают, не излучают, не отражают и не рассеивают. В силу такого обстоятельства *мы практически ничего об этих двух последних разновидностях материи не знаем*. Используя известную метафору, можно сказать, что «темнее», чем эти две «лошадки» природа нам ещё не демонстрировала.

1.5. Развитие представлений о движении

С подачи философов-материалистов милетской школы (см. тему 1.4) движение считается главным и неотъемлемым свойством материи – «*в мире нет ничего, кроме движущейся материи*» – мысль, приписываемая В.И. Ленину, очень кратко и точно дает *философское понимание движения как способа существования материи*. В естественнонаучном плане этот способ, точнее, *способы* (поскольку их, как будет показано ниже, более одного) или *формы* движения материи представляют собой *конкретные природные процессы*, имеющие результатом *изменение состояния материальных объектов*. Развитие представлений о *формах* движения материи, как это было и с представлениями о *видах* самой материи (см. тему 1.4), шло по тому же принципу «от простого (доступного) к сложному (трудно обнаруживаемому или наблюдаемому)». Так, в *динамике Аристотеля* – это равномерное круговое движение небесных тел и неравномерное пря-

молинейное движение тел земных (см. тему 1.3). *Расчету* эти виды механического движения, как и положено в *натурфилософской* картине мира, не поддавались, а вот в рамках классического естествознания *механика Галилея – Ньютона* позволяла точно и однозначно определять *любые* параметры *всех* видов механического движения как небесных, так и земных вещественных объектов (там же). В течение этого же второго этапа истории естествознания получили развитие представления о других, *более сложных*, чем механическое движение, разновидностях *физической* (тепловые явления, изменение агрегатного состояния вещества) и *химической* форм движения материи.

В следующий, *неклассического естествознания*, период в соответствии с этой же тенденцией сформировались представления о движении *полевого* вида материи как электромагнитных волн, о новых разновидностях *физической* (радиоактивность, ядерные реакции) и *биологической* (жизнедеятельность живых организмов и эволюция биосферы) форм движения материи.

Составляющей проблемы движения материи является вопрос об *измерении меры* этого движения – *энергии*, как наиболее представительной характеристики *состояния* системы. Постановка и решение проблемы *состояния*, т.е. оценки *энергии* системы как *потенциала* её функционирования (движения), менялись вместе с изменением представлений о последнем. Так, *первое* точное математическое решение данной проблемы – это определение энергии *механического* движения системы, как суммы её *кинетической* (движения) и *потенциальной* (положения) энергий. Подобное *детерминистское* решение было реализовано с позиций *классической механики*, но *только* для *искусственных* (машины и механизмы) или *естественных* (Солнечная система) сложных образований с *конечным* числом элементов, поскольку искомый критерий *точно и однозначно* мог быть рассчитан *только* по *известным* (поддающимся *измерению*) параметрам движения (координатам, массе, скорости и др.) *каждого* из них. Понятно, что для большинства *реальных* материальных систем с *бесконечно большим* числом элементов (например, молекул в теле или звезд в галактике) подобный детерминистский подход не применим. Однако он оказался плодотворным ещё раз – на следующем этапе истории естествознания при расчете энергии *другого* вида – *энергии электромагнитной волны*. Она находится как суммируемая более сложным образом (формула Умова – Пойнтинга) энергия (напряженность) создающих эту волну напряженностей электрического и магнитного полей.

Уже на этапе классического естествознания стало ясно, что определение величины энергии *какого-то одного* вида, пусть даже сколь угодно точное – это очень *узкое* решение проблемы *состояния*, поскольку в *реальных* материальных системах «циркулирует», как кровь по жилам организма (системы), обеспечивая его (её) жизнедеятельность (движение, существо-

вание) энергия **разных** (см. выше) видов. Таковыми являются, например, *тепловая энергия* (процессы нагревания и остывания тел, а также процессы теплообмена), *энергия фазовых переходов*, т.е. изменения агрегатного состояния вещества, *энергия химических реакций* и др. Поэтому уже в конце периода классического естествознания с позиций *другой* науки, представителя данного этапа – *классической термодинамики* (см. тему 1.3) – был предложен иной подход к решению проблемы состояния. По имени теории-прародительницы его называют *термодинамическим методом*, но более точно отражающим суть данного нового варианта решения проблемы состояния является синоним «*феноменологический подход*», поскольку он предполагает оценку состояния системы на основе учета только **внешних проявлений** изменения её энергетического состояния (тогда, во времена классической термодинамики – только изменения температуры системы в целом, или совершения данной системой механической работы), как природных явлений или *феноменов*. Отсюда – принципиально иная, противоположная детерминистскому подходу, *суть термодинамического метода* – он не учитывает **сложность внутренней структуры** системы, в данном случае (периода классического естествознания, см. выше), молекулярное строение тел. Согласно феноменологическому подходу, состояние сложной системы оценивается её **внутренней энергией** – показателем, **априорно** являющимся **суммой** энергий **всех** видов, которыми она обладает. Этих разных энергий так много, что **точно вычислить** внутреннюю энергию системы, как их сумму, **принципиально нельзя**, но можно фиксировать и численно определять её **изменение** в результате каких-либо **внешних** воздействий на эту систему. «Продвинутость» термодинамического метода по отношению к детерминизму образно можно пояснить пословицей «лучше синица в руках, чем журавль в небе». Недостижимый «журавль» – это детерминистский подход, абсолютно логичный (правильный) и столь же абсолютно **неприменимый на практике** (см. выше). «Синица» – пусть огрубленное, но все же **практически возможное** решение проблемы состояния. Подтверждение тому – теория и схема работы теплового двигателя как итог коммерциализации знаний, полученных с помощью именно феноменологического подхода (см. тему 1.3).

Кроме данного положительного **экономического** результата из идеи термодинамического метода следовал очень важный **научный** вывод **прогностического** (см. тему 1.2) характера – несмотря на то, что мы уже знаем достаточно много видов энергии (механической, тепловой, химической и др., см. выше), **могут существовать пока что неизвестные** человечеству другие, более сложные по своей сути и организации виды энергии как меры движения материи. Данное научное предвидение блестяще подтвердилось в процессе развития представлений об этом движении на следующем, **третьем** этапе истории естествознания открытием **энергии радиоактивного распада и ядерных реакций** (см. тему 1.3). Сюда же можно отнести

и энергию биологических процессов, хотя известно, что она, как источник жизнедеятельности живых организмов и эволюции биосферы, по сути, представляет собой совокупность энергий, обеспечивающих движение в неживой природе – химической, физической (электромагнитной и механической) и др.

Развитием представлений о движении в этот же период была констатация факта **единой (электромагнитной) сущности всех известных на данный момент времени видов энергии (кроме механической) в виде спектра электромагнитного излучения**. По степени **возрастания** его энергии, прямо пропорциональной частоте этого излучения, измеряемой в герцах (Гц), данный спектр выглядит следующим образом:

- атмосферные явления (гром и молния), переменный электрический ток ($10^1 - 10^4$ Гц);
- радиоволны, Интернет, телевидение, сотовая связь, микроволновые печи ($10^4 - 10^{12}$ Гц);
- инфракрасное (тепловое) излучение ($10^{12} - 3,7 \cdot 10^{14}$ Гц);
- видимый свет ($3,7 \cdot 10^{14} - 7,5 \cdot 10^{14}$ Гц);
- ультрафиолетовое (солнечное) излучение ($7,5 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{17}$ Гц);
- рентгеновское излучение ($3 \cdot 10^{17} - 3 \cdot 10^{20}$ Гц);
- гамма-излучение ($3 \cdot 10^{20} - 10^{23}$ Гц).

Свое развитие в рамках уже *третьего* этапа истории естествознания имела проблема *состояния*. Поскольку, как было сказано выше, термодинамический метод при определении параметров состояния системы абстрагируется от учета *сложности её внутреннего строения*, получаемые с его помощью результаты не могут быть точными и достоверными. Поэтому новой естественнонаучной теорией – *молекулярно-кинетической теорией* или *статистической физикой*, созданной трудами М.В. Ломоносова, Дж. К. Максвелла, Л. Больцмана и других – был предложен другой вариант решения проблемы состояния, получивший название **статистического метода** или **микроскопического подхода**. Согласно ему состояние системы (тела) определяется по *усредненным (статистическим, обобщенным)* значениям различных параметров состояния *совокупности* образующих её (его) частиц – молекул. Так, например температура тела – это мера *средней* кинетической энергии молекул, из которых оно состоит (Ломоносов, см. тему 1.2). Данная энергия, в свою очередь, определяется гауссовским (вероятностным) *распределением молекул по их скоростям*, т.е. *усредненной* скоростью и т.д. В чем тут прогресс, по аналогии с тем, как это было при переходе от детерминизма к термодинамическому методу на предыдущем этапе истории естествознания (см. выше)? В том, что *точность определения параметров состояния сложной системы возрастает за счет учета её микроструктуры*, пусть даже вероятностного. Сопоставляя усредненные теоретические результаты с опытом, можно *снизить* погрешность этого вероятностного учета внутренней структуры газов, жидкостей

и твердых тел, и тем самым *повысить качество и достоверность* оценки их конкретных свойств как параметров состояния.

На этом же, *третьем* этапе истории естествознания эволюция подходов к решению данной проблемы с подачи *квантовой механики*, как более совершенной научной теории (см. тему 1.3), завершилась *дополнением* статистического метода положением о ***неустраимости неопределенности и о вероятностном характере любых параметров состояния сложной системы***. С точки зрения эффективности реализации уже не раз упоминавшегося *принципа познания* – от простого к сложному – этот шаг трудно переоценить. С одной стороны, *наука признавала факт бесконечной сложности* окружающего нас мира и, как следствие, ***невозможности его познания до конца***, т.е. подтверждала правоту двух главнейших положений *философии* – о неисчерпаемости материи (см. тему 1.2) и о недостижимости для человека абсолютной истины (там же). С другой стороны, коль скоро двигаться по пути познания природы нам суждено *вечно* (см. выше), единственно правильным *принципом этого познания* может быть только как можно более полный учет ***неопределенности и случайности в определении параметров состояния сложных систем***, потому что это более реальное и правильное понимание нашего мира, чем, например, сознательное игнорирование его истинной сложности с целью упростить это понимание и тем самым облегчить себе жизнь. Мир наш сложен, сложен бесконечно, и пытаться объяснять его просто – это значит трусить, бояться трудностей, прятать, как страус, голову в песок, подтверждая всем этим правоту величайшей народной мудрости – «простота хуже воровства».

1.6. Развитие представлений о взаимодействии

Если *движение*, как было сказано в теме 1.5 – это *способ существования материи*, то ***взаимодействие*** – это основная *причина* данного движения, т.е. *условие существования материи*. Взаимодействие присуще ***всем*** материальным объектам независимо от их происхождения и системной организации, и представляет собой *активность и направленность действия одного элемента системы на другой*. Необходимой стороной и результатом взаимодействия является ***связь*** – такое отношение между элементами, при котором изменение каких-либо конкретных свойств одного из них, вызывает изменение соответствующих свойств другого. Особенности различных взаимодействий и обусловленных ими связей определяют условия существования и специфику свойств материальных объектов в целом, поэтому известные к настоящему моменту времени (см. ниже) *виды взаимодействий* называют ещё ***фундаментальными взаимодействиями в природе***, обеспечивающими целостность и устойчивость образующих её материальных систем.

Исторически первым предметом исследования ученых стало *гравитационное* взаимодействие. Оно проявляется во *взаимном притяжении* любых материальных объектов, имеющих массу, подчиняется принципу дальнего действия (см. тему 1.3) и определяется законом всемирного тяготения Ньютона. Согласно данному закону гравитация отвечает за динамическую устойчивость планетных и звездных систем космоса. Ньютон это доказал строго математически, рассчитав ускорения двух *противоположных по направлению своего действия* сил – *центростремительной*, с которой Луна притягивается к Земле, и *центробежной*, с которой, благодаря своему «разгону» по околоземной орбите, она пытается «преодолеть» земную гравитацию. Расчеты показали совпадение противоположных по направлению, но одинаковых по величине ускорений с высокой точностью ($0,0027 \text{ м/с}^2$). Сейчас эти выкладки Ньютона в виде задачи по небесной механике приводятся в школьном учебнике физики за 9 класс, но когда он их впервые изложил на заседании Лондонского королевского научного общества, этот день, 28 апреля 1686 года, в истории науки получил название «триумфа теории всемирного тяготения». Получила объяснение загадка тысячелетий – миллионы лет тела менее тяжелые свободно падают, не чувствуя, благодаря своему движению по круговым орбитам, веса, в поле тяготения тел более массивных, как центров этого тяготения, обеспечивая стабильность существования основных материальных систем космоса – галактик. Но только более чем через сто лет после этого английский физик и химик Г. Кавендиш осуществил лабораторную, т.е. *в земных условиях*, демонстрацию и измерение силы гравитационного притяжения тел.

После обнаружения полевого вида материи было открыто сначала *электростатическое* взаимодействие, проявляющееся во *взаимном притяжении разноименных* и во *взаимном отталкивании одноименных постоянных* электрических зарядов. *Неподвижные* электрические заряды создают именно такое, *постоянное по напряженности* электростатическое поле, но когда данные заряды *движутся*, возникают уже *переменные по своей напряженности* два других поля – электрическое и магнитное. Их синхронное наложение друг на друга создает непрерывное, подчиняющееся другому принципу передачи энергии – принципу близкого действия (см. тему 1.3) – *электромагнитное поле* – *переносчик* одноименного взаимодействия. Благодаря ему возникают молекулы и происходят химические реакции. Электромагнитным взаимодействием определяются изменения агрегатного состояния вещества, величины сил трения, упругости, поверхностного натяжения и других, оно отвечает за прочность межмолекулярных связей, а, следовательно, ответственно за устойчивость структуры состоящего из молекул вещества (тел). Электромагнитное взаимодействие является основным в химии и биологии.

Развитие представлений о взаимодействии на этапе *неклассического естествознания* было связано, прежде всего, с проникновением науки в

глубины атома (см. тему 1.4). Сначала выяснилось, что устойчивость его структуры обеспечивается тем же *электромагнитным* взаимодействием между положительно заряженным ядром атома и его отрицательно заряженной электронной оболочкой. Далее оказалось, что *внутри атомных ядер проявляются два новых фундаментальных взаимодействия – сильное и слабое*. Первое отвечает за *стабильность ядер атомов*, обеспечивая связь протонов и нейтронов между собой, имеет радиус действия, ограниченный размерами атомного ядра (10^{-15} м), и подчиняется принципу *близкодействия* (см. выше). В *стабильном* веществе, находящемся, например, в *земных* условиях, сильное взаимодействие себя не проявляет, оно просто обеспечивает высокую устойчивость ядер атомов. Но если происходит *столкновение* ядер или их частей – нуклонов (см. выше), обладающих высокой энергией, как это имеет место в *недрах звезд* за счет колоссальной температуры, происходит реакция *термоядерного синтеза*, сопровождающаяся выделением этими звездами огромной энергии, высвобождающейся в результате этого синтеза.

Слабое взаимодействие вызывает *медленно протекающие естественные процессы распада элементарных частиц*, в результате которых одни химические элементы превращаются в другие. Одним из главных таких процессов является, к примеру, происходящее внутри атомного ядра *превращение нейтрона в протон* (именно поэтому слабое взаимодействие было обнаружено только после открытия явления естественной радиоактивности). Радиус его действия ещё меньше (10^{-18} м) и оно также подчиняется принципу близкодействия.

Следует отдельно уточнить, что данные *четыре фундаментальных взаимодействия* присутствуют в *любых материальных системах*, но в *разных, отграниченных друг от друга областях существования* таких систем (уровнях организации материи) *соотношение по силе этих взаимодействий тоже разное*. Так, за стабильность материальных систем *космоса*, как уже говорилось, отвечает доминирующее там *гравитационное* взаимодействие. В *земных условиях* всё определяется *электромагнитным* и, в меньшей степени, тем же *гравитационным* взаимодействиями. Устойчивость структуры *атома*, как тоже было только что сказано, обеспечивают целых *три* фундаментальных взаимодействия из четырех. Без *сильного* и *слабого* взаимодействий не были бы возможны ядерные реакции, идущие в недрах звезд. В силу этого соотношение по силе всех взаимодействий между собой *корректно* можно показать на примере только *конкретной материальной системы*, например, *атома*. Если взять за единицу силу наиболее мощного из них – *сильного* (внутриядерного) – то электромагнитное взаимодействие между ядром атома и его электронной оболочкой слабее уже в 100 раз (это объясняет, кстати, почему протоны ядра атома не разлетаются под воздействием электромагнитных сил отталкивания), слабое – в 10^{-14} раз, а гравитационное – в 10^{-38} раз.

Установленный факт ответственности *конкретного* числа взаимодействий, как сил, определяющих устойчивость и стабильность *всех* природных объектов, потребовал *уточнения уже имевшихся* научных представлений об их сущности. Так, для исчерпывающего доказательства *единства* двух видов материи – вещества и поля (см. тему 1.4) – необходимо было произвести *квантование сильного, слабого и гравитационного фундаментальных взаимодействий*, т.е. найти кванты, которые, подобно тому, как фотон переносит электромагнитное взаимодействие, являются *их* частицами-переносчиками. Тогда, в полном соответствии с научным методом (см. тему 1.2), *гипотеза* корпускулярно-волнового дуализма, как *прошедшая верификацию* более поздними эмпирическими фактами, приобрела бы статус закона (*принципа, начала*) *природы* (там же).

Данная задача решалась уже на современном, *четвертом* этапе истории естествознания. Было установлено, что переносчиками *сильного взаимодействия*, связывающего *кварки в адроны* (см. тему 1.4), являются его кванты – *глюоны* (от англ. glue – клей). Существует 8 разновидностей глюонов, реализующих данное фундаментальное взаимодействие не только между кварками, но также между протонами, нейтронами и нуклонами (см. выше). Подобно кваркам, глюоны не существуют в свободном состоянии (см. тему 1.4), поэтому их существование тоже доказано только косвенно (там же). *Уточняя*, как только что было показано, *представления о материи* (см. тему 1.4), добавим к сказанному там, что глюоны «рождаются» физическим вакуумом вместе с парой «кварк + антикварк», и когда при её аннигиляции нарушается симметрия (там же), «уцелевшие» кварки (или антикварки?) глюоны превращают в адроны (см. выше), или, опять же, в антиадроны (?).

С одной стороны более причудливо, а с другой – более успешно в этот же период времени сложились представления о квантовой природе другого фундаментального взаимодействия – слабого. Сначала в 60-х годах появилась теория, объединяющая два известных взаимодействия – *уже доказавшее* эту свою природу *электромагнитное* и *ещё не проквантованное слабое* – в одно новое, а именно, в *электрослабое*. Данная теория практически одновременно была создана двумя независимо работавшими физиками – американцем С. Вайнбергом и пакистанцем А. Саламом. Согласно ей, слабое взаимодействие переносится *тремя* видами своих квантов, получивших название *бозонов* (в честь индийского физика Ш. Бозе). Радиус его действия чрезвычайно мал – если сильное взаимодействие происходит, как было сказано выше, в пределах ядра атома (10^{-15} м), то слабое взаимодействие простирается на расстояние порядка $10^{-17} - 10^{-24}$ м. На основании этого факта из теории Вайнберга – Салама следовало, что переносчики такого взаимодействия – бозоны (см. выше) – должны иметь *массу*, и когда данное предположение в 1983 году было экспериментально проверено на известном *Большом адронном коллайдере*, физики обнару-

жили все три бозона, обладающие именно теми свойствами, которые ранее приписывала им теория. Однако такой триумф *теории электрослабого взаимодействия* (С. Вайнберг, А. Салам, Ш. Глэшоу, Нобелевская премия 1979 г.) в который уже раз, в соответствии с сущностью научного метода (см. тему 1.2), инициировал *противоречие* между новой и старой теориями в интерпретации *одного и того же факта*.

Эта «старая», т.е. *более ранняя* по отношению к теории электрослабого взаимодействия, интерпретация, в лице так называемой *Стандартной модели физики частиц* утверждала, что **все частицы** – *переносчики фундаментальных взаимодействий в природе* – **должны быть безмассовыми**, т.е. не иметь массы покоя. И *два из четырех* этих квантов – *фотон* (переносчик *электромагнитного* взаимодействия) и *глюон* (переносчик *сильного* взаимодействия) – согласно многочисленным экспериментальным данным, действительно имеют нулевую массу, чего нельзя сказать о квантах *слабого* взаимодействия – *бозонах* (см. выше).

«Спасение» ситуации происходило по сценарию, схожему с разрешением «ультрафиолетовой катастрофы» (см. тему 1.4). Подобно Планку (там же) английский физик П. Хиггс и его бельгийский коллега Ф. Энглер предположили существование особого вида *имеющих массу* элементарных частиц, с которыми *безмассовые* фотоны и бозоны *взаимодействуют*, а, точнее говоря, *сливаются по-разному*, и в зависимости от *условий* этого *слияния* они, *оставаясь квантами общего* – *электрослабого* – *взаимодействия*, реализуют **разные** его частные случаи – *электромагнитное* взаимодействие, переносимое *оставшимися после этого слияния безмассовыми фотонами*, или *слабое* взаимодействие, реализуемое *ставшими после такого же слияния тремя видами имеющих массу бозонов*. Таким образом, предложенная Хиггсом и Энглером гипотеза, *инкорпорировала* (включала) «старую» Стандартную модель (см. выше) в новую теорию электрослабого взаимодействия, т.е. демонстрировала очередное подтверждение правоты *принципа соответствия* – второй тенденции развития естествознания (см. тему 1.3).

Продолжая аналогию с судьбой квантовой гипотезы, частицу, предсказанную именно Хиггсом и получившую в его честь название «*бозона Хиггса*», искали *более полувека* – гипотеза, обосновывающая её существование, была выдвинута в 1964 году, а экспериментально бозон Хиггса был «пойман» на том же Большом адронном коллайдере только летом 2012 года. Поэтому свою заслуженную награду весьма пожилые теоретики (Питеру Хиггсу было 84 года, а Франсуа Энглеру – 81) получили лишь недавно (Нобелевская премия 2013 года). То ли потому, что бозон Хиггса столь долго искали, то ли потому, что некоторые физики считают его последним недостающим «кирпичиком» в Стандартной модели, бозон Хиггса в научно-популярной литературе получил название «*частицы Бога*». Сам Питер Хиггс – атеист, но не любит, когда его частицу называют божественной – это, по его мнению, оскорбляет чувства верующих. Существует легенда,

что сам он, может быть как раз в силу трудности экспериментального подтверждения существования бозона Хиггса, склонен называть его, наоборот, «чертовой частицей».

Остается добавить, что квант последнего фундаментального взаимодействия – *гравитационного* – не только до сих пор *не найден*, но даже теория *квантовой гравитации* на настоящий момент времени не создана. Известно лишь, что в соответствии с вышеупомянутой Стандартной моделью физики частиц, он должен быть безмассовым, и иметь название **«гравитон»**. В силу данного обстоятельства гипотеза *вещественно-полевого единства материи* (см. выше) не может считаться прошедшей верификацию (см. тему 1.2). Трудность *будущего* решения данной задачи *колоссально увеличивается* в силу того *нового* (буквально последних десятилетий) обстоятельства, что упоминавшаяся в теме 1.4 *«темная энергия»* из-за вызываемого ею *ускоряющегося расширения Вселенной* (там же) по своей природе должна быть *энергией отрицательной гравитации*, т.е. силы *отталкивания*, а не притяжения. Следствие такого факта – это ни больше, ни меньше, как необходимость пересмотра теории всемирного тяготения Ньютона! Поэтому *развитие представлений о взаимодействии, равно как и о двух других, тесно связанных с этой научной категорией понятиях – материи и энергии* (см. соответственно темы 1.4 и 1.5) – как это, согласно научному методу (см. тему 1.2), и должно быть, *завершенным* считаться не может, и, похоже, не сможет в течение довольно долгого периода времени в будущем – уж очень сложны задачи, например, разработки теории квантовой гравитации или объяснения природы «темной энергии» (см. выше). На сегодняшний же день данная связь, точнее *диалектическое единство* всех этих трех главных научных терминов естествознания, иллюстрируется таблицей 1.3, представляющей собою **общий «скелет»** посвященных им *трех последних тем первого модуля* курса лекций по дисциплине «Концепции современного естествознания».

Таблица 1.3

Развитие представлений о материи, движении и взаимодействии

Научная категория	Её интерпретация по этапам (периодам) истории естествознания			
	античный (натурфилософский)	классического естествознания	неклассического естествознания	постнеклассического естествознания
Материя	Материалистическая (милетская школа) и идеалистическая (программа Пифагора–Платона) трактовки реальности. Дискретные (атомизм Левкиппа–Демокрита–Эпикура–Лукреция) и непрерывные (Аристотель) философские (неколичественные) представления о материи.	Корпускулярная (основа – механика Ньютона) концепция описания природы.	Континуальная (основа – электродинамика Максвелла) концепция описания природы. Развитие представлений о строении атома (модели Томсона, Резерфорда–Бора, Иваненко). Разрешение противоречия между корпускулярной и континуальной концепциями описания природы (гипотеза корпускулярно-волнового дуализма). Концепция физического вакуума.	Многообразие элементарных частиц и их классификация. Кварковая модель вещества. Теория струн (суперструн). «Тёмная материя».
Движение	Философская (неколичественная) динамика Аристотеля.	Кинетическая и потенциальная энергия – меры механического движения. Детерминистский подход к решению проблемы состояния. Новые формы движения материи – процессы нагревания и остывания тел, изменение агрегатного состояния вещества, химические реакции. Внутренняя энергия как параметр состояния любой сложной системы (феноменологический подход).	Энергия электромагнитной волны. Новые формы движения материи – процессы радиоактивного распада, ядерные реакции, жизнедеятельность живых организмов, эволюция биосферы. Спектр электромагнитного излучения. Микроскопический подход к решению проблемы состояния и его уточнение с позиций квантовой механики.	«Тёмная энергия» (отрицательная гравитация?).
Взаимодействие	Насильственное и одностороннее воздействие движущего на движимое в земном (подлунном) мире (Аристотель).	Гравитационное взаимодействие, отвечающее за динамическую устойчивость систем космоса.	Электромагнитное взаимодействие, отвечающее за устойчивость атомов, молекул и вещественных тел. Сильное и слабое взаимодействия, отвечающие за стабильность ядер атомов и за их превращения друг в друга соответственно.	Электрослабое взаимодействие. Бозон Хиггса. Где гравитон?

Вопросы для самоконтроля

к теме 1.1

1. Цели духовной и материальной культур, их соотношение. Объекты изучения естественнонаучной и гуманитарной культур.
2. Различия естественнонаучной и гуманитарной культур по объекту и субъекту исследования, их взаимоотношению, характеру объекта исследования и функции его исследования.
3. Понятия и ценности как инструменты объяснения и толкования истины в естественнонаучной и гуманитарной культуре соответственно.
4. Сущность гипотетико-дедуктивного и ценностно-дедуктивного методов исследования. Понятие методологии познания.
5. Сравнение естественнонаучной и гуманитарной культур по антропоцентричности, влиянию идеологии и областям использования своего продукта (знания).
6. Классификация наук по дисциплинарному признаку. Состав и назначение естественных, общественных и технических наук.
7. Функции науки, их сущность и распределение между видами наук.
8. Функции естественных и общественных наук. Междисциплинарные науки.
9. Причины и сущность отчуждения (конфронтации) естественнонаучной и гуманитарной культур.
10. Следствия отчуждения двух культур. Последовательность гуманизации науки как пути решения проблемы двух культур.

к теме 1.2

1. Определение научного метода. Содержание и результаты его эмпирического этапа.
2. Содержание и результаты теоретического этапа научного метода. Понятие идеализированного объекта.
3. Семь приемов (названия, разновидности и смысл каждого) исследования эмпирического этапа научного метода.
4. Последовательность реализации эмпирического этапа научного метода. Два ограничения, присущие индукционистскому знанию.
5. Семь приемов (названия, разновидности и смысл каждого) исследования теоретического этапа научного метода.
6. Последовательность реализации теоретического этапа научного метода. Определение теории и два её качества как наиболее совершенной формы научного знания.
7. Анализ, синтез и эксперимент как общенаучные способы исследования.

к теме 1.3

1. Принцип периодизации истории естествознания. Временные рамки и содержание донаучного этапа его развития (неолита).
2. Этапы (только названия с синонимами) истории естествознания. Понятия естественнонаучной картины мира и её парадигмы.
3. Временные рамки и суть античного этапа истории естествознания. Принцип периодизации и наименования античных научных школ. Ионийская (милетская) школа. Концепция атомизма.
4. Картина мира Аристотеля и её научная парадигма.

5. Александрийский и древнеримский этапы античного периода истории естествознания, их общее отличие от предыдущих двух. Общественная значимость науки античного этапа.
6. Временные рамки периода классического естествознания и положившие ему начало научные достижения.
7. Картина мира Ньютона и её научная парадигма.
8. Общественная значимость этапа классического естествознания и не решенные им научные проблемы.
9. Теоретические и практические научные достижения, положившие начало крушению метафизического естествознания. Временные рамки, тип мышления и научная парадигма этапа неклассического естествознания.
10. Квантово-полевая картина мира.
11. Общественная значимость этапа неклассического естествознания.
12. Формирование эволюционного естествознания в рамках неклассического этапа его развития.
13. Временные рамки, научная парадигма и картина мира периода постнеклассического естествознания. Сопоставление естественнонаучных картин мира и принцип этого сопоставления.
14. Тенденции развития естествознания – обусловленность практикой, преемственность в развитии идей и теорий, чередование периодов эволюционного и революционного развития.
15. Тенденции развития естествознания – противоречивость этого развития и повторяемость научных идей (концепций).
16. Тенденции развития естествознания – дифференциация и интеграция его отраслей и возрастание роли естествознания в жизни общества.

к теме 1.4

1. Современное определение материи, её первая трактовка милетской школой и программой Пифагора – Платона, их сопоставление.
2. Материализм Левкиппа – Демокрита и Аристотеля, различия между ними.
3. Становление корпускулярной концепции описания природы.
4. Становление континуальной концепции трактовки материи. Суть противоречия между корпускулярной и континуальной концепциями описания природы.
5. Развитие представлений о строении атома (модели Томсона, Резерфорда – Бора, Иваненко).
6. Причина и суть «ультрафиолетовой катастрофы».
7. Причина появления и суть квантовой гипотезы. Её использование для объяснения явления фотоэффекта.
8. Последовательность разрешения противоречия между корпускулярной и континуальной концепциями описания природы. Соотношение вещественных и полевых свойств для элементарных частиц и для земных тел.
9. Классификация элементарных частиц. Кварковая модель вещества.
10. Концепция физического вакуума.
11. Теория струн (суперструн) и «темная материя».

к темам 1.5 – 1.6

1. Философский и естественнонаучный смысл понятия «движение». Представления о нем античного периода и этапа классического естествознания.
2. Суть проблемы состояния и её решение с позиций детерминизма.
3. Термодинамический метод решения проблемы состояния, его отличия и возможности по сравнению с детерминистским подходом.
4. Спектр электромагнитного излучения.
5. Статистический метод решения проблемы состояния и его уточнение с позиций квантовой механики.
6. Сущность понятий «взаимодействие» и «связь». Роль фундаментальных взаимодействий в природе. Гравитационное взаимодействие.
7. Электромагнитное, сильное и слабое взаимодействия.
8. Соотношение фундаментальных взаимодействий в разных областях существования материальных систем. Глюон – переносчик сильного взаимодействия.
9. Становление теории электрослабого взаимодействия и суть её противоречия Стандартной модели физики частиц.
10. Необходимость обоснования существования бозона Хиггса и экспериментальное подтверждение данной гипотезы.
11. Проблемы обнаружения гравитона.

Тесты

по теме 1.1

1. Культура – это ...
 - составляющая природы
 - объективная реальность, существующая независимо от человеческого сознания
 - результат человеческой деятельности
 - абсолютная истина, неподвластная человеку
2. Выберите неверное утверждение:
 - естествознание исследует стабильные во времени природные процессы материального характера
 - в естественных науках интерпретация природного явления сугубо индивидуальна, поскольку зависит от личности ученого
 - в гуманитарных исследованиях большое значение имеет личная позиция ученого, что часто приводит к многозначности их выводов
 - гуманитарные науки изучают изменяющиеся во времени социальные явления, преимущественно, идеального характера
3. Для гуманитарного знания характерна (характерно) ...
 - индивидуальная оценка явлений
 - выражение знания математическими формулами
 - изучение исключительно типичных, универсальных процессов
 - строгая объективность
4. Научное знание достоверно в том смысле, что ...
 - оно прошло многократную проверку и уже не подлежит пересмотру
 - оно пригодно для всех людей, живущих в разных уголках планеты
 - оно всегда положительно в чувственно-эмоциональном восприятии
 - его результаты проходят постоянную проверку практикой

5. Для гуманитарных наук характерен _____ метод исследования.

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> гипотетико-дедуктивный | <input type="checkbox"/> ценностно-дедуктивный |
| <input type="checkbox"/> обобщающий | <input type="checkbox"/> индивидуализирующий |

6. Среди приведенных ниже действий укажите то, которое относится к области гуманитарного знания:

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> открытие закономерностей социальной жизни | <input type="radio"/> описание природных явлений и процессов |
| <input type="radio"/> познание фундаментальных законов природы | <input type="radio"/> раскрытие смысла текста |

7. Естествознание изучает ...

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> физические, химические и тому подобные явления | <input type="radio"/> мир за исключением человека |
| <input type="radio"/> Вселенную | <input type="radio"/> все сущее |

8. На современном этапе развития научного знания естествознание понимается, как ...

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> сумма частных наук о природе | <input type="checkbox"/> совокупность наук о живой природе |
| <input type="checkbox"/> целостная наука о природе, которая не сводится к сумме самостоятельных частных наук | <input type="checkbox"/> система наук о природе, взятых в единстве и взаимодействии |

9. Основой всех естественных наук является ...

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| <input type="radio"/> биология | <input type="radio"/> математика |
| <input type="radio"/> химия | <input type="radio"/> физика |

10. Укажите верные утверждения:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> в естественнонаучной культуре поступки интерпретируются | <input type="checkbox"/> в гуманитарной культуре факты выводятся (дедугируются) |
| <input type="checkbox"/> в гуманитарной культуре поступки интерпретируются | <input type="checkbox"/> в естественнонаучной культуре факты выводятся (дедугируются) |

11. К функциям фундаментальных наук не относится _____ функция.

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> мировоззренческая | <input type="radio"/> описательная |
| <input type="radio"/> управленческая | <input type="radio"/> систематизирующая |

12. К наукам, выполняющим интегрирующие функции по отношению к отраслям естествознания, не относится ...

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="radio"/> кибернетика | <input type="radio"/> физика |
| <input type="radio"/> синергетика | <input type="radio"/> математика |

13. Укажите верные утверждения:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> естественнонаучная культура предполагает пассивное отношение к природе | <input type="checkbox"/> гуманитарная культура предполагает активное отношение к природе |
| <input type="checkbox"/> естественнонаучная культура предполагает активное отношение к природе | <input type="checkbox"/> гуманитарная культура предполагает пассивное отношение к природе |

14. Гуманизация науки предполагает _____ этапа (этапов) своего осуществления.

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| <input type="radio"/> два | <input type="radio"/> четыре |
| <input type="radio"/> три | <input type="radio"/> пять |

по теме 1.2

1. В структуре научного знания выделяют уровни ...

<input type="radio"/> опытный и динамический	<input type="radio"/> символический и рационалистический
<input type="radio"/> эвристический и статистический	<input type="radio"/> эмпирический и теоретический
2. Установите связь между приёмом научного исследования и соответствующим ему уровнем научного знания:

1) систематизация	
2) гипотетико-дедуктивный метод	
) эмпирический) теоретический
3. Идеализированный объект – это _____ исследования теоретического этапа.

<input type="radio"/> цель	<input type="radio"/> предмет
<input type="radio"/> приём	<input type="radio"/> составляющая
4. Способами исследования эмпирического этапа научного метода являются ...

<input type="checkbox"/> аналогия	<input type="checkbox"/> описание
<input type="checkbox"/> эксперимент	<input type="checkbox"/> верификация
5. Установите соответствие между сущностью приёма эмпирического этапа научного метода и его названием:

1) определение количественных значений свойств, сторон изучаемого объекта или явления с помощью специальных технических устройств	
2) изучение искусственно созданной системы, находящейся в отношениях сходства (подобия)	
3) активное, целенаправленное, строго контролируемое воздействие исследователя на изучаемый объект	
4) чувственное отражение предметов и явлений внешнего мира	
) наблюдение) моделирование
) эксперимент) измерение
6. Систематизация (классификация) эмпирических фактов _____ их первоначальный объем.

<input type="radio"/> увеличивает	<input type="radio"/> как увеличивает, так и уменьшает
<input type="radio"/> уменьшает	<input type="radio"/> не изменяет
7. Укажите верные утверждения:

<input type="checkbox"/> эмпирический закон выражен в вербальной форме	<input type="checkbox"/> эмпирическая зависимость выражена в математической форме
<input type="checkbox"/> эмпирический закон выражен в математической форме	<input type="checkbox"/> эмпирическая зависимость выражена в словесной форме
8. Сворачивание информации – результат ...

<input type="checkbox"/> систематизации	<input type="checkbox"/> верификации
<input type="checkbox"/> абстрагирования	<input type="checkbox"/> классификации
9. Результатом индукции являются эмпирические ...

<input type="radio"/> факты и объекты	<input type="radio"/> зависимости и законы
<input type="radio"/> объекты и зависимости	<input type="radio"/> законы и факты

10. Какие результаты научного метода обладают свойством объяснять изучаемые процессы и явления?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> законы | <input type="checkbox"/> гипотезы |
| <input type="checkbox"/> данные эксперимента | <input type="checkbox"/> эмпирические зависимости |

11. Идеализированным называется объект, который, ...

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> изучается только теоретически, а не экспериментально | <input type="checkbox"/> является наилучшим для научного исследования |
| <input type="checkbox"/> наделяется всеми признаками, имеющимися у объект реального | <input type="checkbox"/> представляет собой результат абстрагирования или аналогии |

12. Гипотетико-дедуктивный метод – приём получения _____ знания.

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> эмпирического | <input type="checkbox"/> индукционистского |
| <input type="checkbox"/> дедукционистского | <input type="checkbox"/> теоретического |

13. Способами создания идеализированного объекта являются ...

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> абстрагирование | <input type="checkbox"/> гипотетико-дедуктивный метод |
| <input type="checkbox"/> аналогия | <input type="checkbox"/> формализация |

14. Процедура верификации предполагает, что какое-либо понятие или суждение имеет значение, если оно ...

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> логически непротиворечиво | <input type="radio"/> математически доказуемо |
| <input type="radio"/> эмпирически проверяемо | <input type="radio"/> теоретически неопровержимо |

15. Исходной информацией для получения законов природы являются ...

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> фальсифицированные гипотезы | <input type="radio"/> эмпирические факты |
| <input type="radio"/> эмпирические зависимости | <input type="radio"/> верифицированные гипотезы |

16. Формулировка гипотезы – это начало ...

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> мысленного эксперимента | <input type="radio"/> доказательства закона |
| <input type="radio"/> теоретического этапа научного метода | <input type="radio"/> эмпирического обобщения данных наблюдения |

17. Расположите формы научного знания в том порядке, в каком они возникают при реализации научного метода:

-) фальсифицированная гипотеза
-) данные измерения
-) принцип
-) результаты мысленного эксперимента

18. Укажите верные утверждения:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> любая теория является верной навсегда | <input type="checkbox"/> теория обладает лишь относительно безусловной истинностью |
| <input type="checkbox"/> теория обладает только определенной завершенностью | <input type="checkbox"/> любая теория является полностью завершенной |

19. К общенаучным приёмам (способам) исследования относятся ...

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> синтез | <input type="checkbox"/> индукция |
| <input type="checkbox"/> дедукция | <input type="checkbox"/> анализ |

по теме 1.3

1. Суть неолитической революции заключается в ...

- ☐ возникновении письменности
- ☐ создании государства, как социального института
- ☐ переходе от присваивающей экономики к производящей
- ☐ переходе от мифологического сознания к научному

2. Укажите верные утверждения:

- ☐ естественнонаучная картина мира – составляющая научной парадигмы
- ☐ научная парадигма определяет тип мышления соответствующего периода
- ☐ научная парадигма – структура естественнонаучной картины мира
- ☐ естественнонаучная картина мира определяет содержание научной парадигмы

3. Представление об апейроне, как первоэлементе бытия, было высказано ...

- ☐ Анаксименом
- ☐ Анаксимандром
- ☐ Анаксагором
- ☐ Архимедом

4. В какой античной научной школе были впервые высказаны идеи о первоэлементах (стихиях)?

- ☐ афинской
- ☐ милетской (ионийской)
- ☐ древнеримской
- ☐ александрийской

5. Демокрит и Левкипп утверждали, что атомы различаются между собой ...

- ☐ весом и формой
- ☐ размером и положением
- ☐ формой и размером
- ☐ положением и весом

6. Картина мира Аристотеля была создана в _____ период античного этапа.

- ☐ милетский
- ☐ афинский
- ☐ александрийский
- ☐ древнеримский

7. Согласно представлениям Аристотеля о Вселенной, ...

- ☐ планеты равномерно обращаются вокруг Солнца по круговым орбитам
- ☐ Вселенная шарообразна, конечна, неоднородна и неизменна
- ☐ Вселенная бесконечна, однородна и изотропна
- ☐ планеты неравномерно движутся по круговым орбитам, центры которых обращаются вокруг неподвижной Земли

8. Первую в истории науки классификацию живых организмов составил ...

- ☐ Дарвин
- ☐ Ламарк
- ☐ Аристотель
- ☐ Линней

9. Закончите утверждение: «В период античности наука – это ...

- ☐ вид профессиональной деятельности
- ☐ источник фундаментальных знаний
- ☐ составляющая духовной культуры
- ☐ сумма знаний прикладного характера

10. Эксперимент, как средство проверки практикой достоверности теоретического знания, в науку ввёл ...

- Кеплер
- Галилей
- Бруно
- Коперник

11. Укажите верные утверждения механики Ньютона:

- ☐ движение земных и небесных тел подчиняется разным законам
- ☐ движение земных и небесных тел подчиняется одним и тем же законам
- ☐ время и пространство независимы друг от друга
- ☐ время и пространство связаны друг с другом

12. Научными достижениями, которые легли в основу картины мира Ньютона, были ...

- ☐ создание классической механики
- ☐ формулировка гипотезы квантов
- ☐ разработка теории электромагнитного поля
- ☐ возникновение экспериментального естествознания

13. Первой, в математическом смысле этого слова, «научной» картиной мира была его _____ картина.

- электромагнитная
- натурфилософская
- механистическая
- квантово-полевая

14. Дифференциальное и интегральное исчисление Ньютона – Лейбница – инструмент _____ описания поведения материальных систем.

- ☐ словесного
- ☐ математического
- ☐ формализованного
- ☐ вербального

15. Прикладные науки возникли на _____ этапе развития естествознания.

- первом
- третьем
- втором
- четвертом

16. Противоположными по смыслу по отношению к метафизике понятиями являются ...

- ☐ эволюция
- ☐ диалектика
- ☐ детерминизм
- ☐ однозначность

17. В электромагнитной картине мира материя присутствовала в форме ...

- физического вакуума
- элементарных частиц
- вещества
- физического поля

18. Кризис физики и всего метафизического естествознания на рубеже 19-20 веков был связан с ...

- ☐ формулировкой принципа относительности
- ☐ открытием рентгеновского излучения
- ☐ открытием естественной радиоактивности
- ☐ формулировкой квантовой гипотезы

19. Укажите положения, относящиеся к квантово-полевой картине мира:

- ☐ континуальность материи
- ☐ однозначность причинно-следственных связей
- ☐ атомизм энергии (взаимодействия)
- ☐ идея всеобщей связи

20. Кризис физики рубежа 19-20 веков разрешило ...

- ☐ открытие электрона
- ☐ введение принципа антропоцентризма
- ☐ создание квантово-релятивистской концепции
- ☐ превращение науки в непосредственную производительную силу

21. Единство всех видов материи – идея ...

- ☐ квантовой гипотезы М. Планка
- ☐ гипотезы корпускулярно-волнового дуализма Л. де Бройля
- ☐ общей теории относительности А. Эйнштейна
- ☐ периодической системы элементов Д.И. Менделеева

22. Связь материи с формами её существования – пространством и временем – была доказана на _____ этапе истории естествознания.

- ☐ античном
- ☐ неклассическом
- ☐ механистическом
- ☐ современном

23. Эпоха «экономики знаний» соответствует _____ периоду истории естествознания.

- ☐ натурфилософскому
- ☐ диалектическому
- ☐ механистическому
- ☐ эволюционному

24. Согласно принципу соответствия, с появлением релятивистской физики физика классическая не утратила своего значения и достаточно точно описывает движение ...

- ☐ тел с любыми скоростями v
- ☐ элементарных частиц
- ☐ тел со скоростями v , соизмеримыми со скоростью света c ($v \approx c$)
- ☐ тел со скоростями v , пренебрежимо малыми по отношению к скорости света c ($v \ll c$)

25. Обнаружение и раскрытие противоречий объектов природы _____ качество наших знаний о ней.

- ☐ снижает
- ☐ непредсказуемо изменяет
- ☐ не изменяет
- ☐ повышает

26. Противоречие одних естественнонаучных концепций другим ...

- ☐ препятствует развитию естествознания
- ☐ способствует развитию естествознания
- ☐ не влияет на развитие естествознания
- ☐ в естествознании в принципе невозможно

27. Идея интеграции отраслей естественнонаучного знания начала утверждаться с (со) _____ этапа его развития.

- ☐ первого
- ☐ третьего
- ☐ второго
- ☐ четвертого

28. Дифференциация отраслей естествознания вызвана ...

- ☐ появлением научных проблем междисциплинарного характера
- ☐ ставкой на науку, как на источник экономического развития
- ☐ выделением все более локальных областей исследования объективной реальности
- ☐ раздвижением границ познаваемого мира

по теме 1.4

1. Первые представления о материи относятся к _____ этапу истории естествознания.
 - натурфилософскому
 - механистическому
 - диалектическому
 - эволюционному
2. Чисто философские (гуманитарные) представления о материи были свойственны научной программе ...
 - Левкиппа – Демокрита
 - Аристотеля
 - милетской школы
 - Пифагора – Платона
3. В античный период материя представлялась в виде ...
 - ☐ всего того, что ощущается органами чувств человека
 - ☐ комбинации первоэлементов («стихий»)
 - ☐ «вихрей человеческих эмоций»
 - ☐ мира идей, первичного по отношению к миру вещей
4. Атомистическая гипотеза Левкиппа – Демокрита получила развитие во взглядах ...
 - ☐ Аристотеля
 - ☐ Эпикура
 - ☐ Птолемея
 - ☐ Лукреция
5. Волновая гипотеза впервые была сформулирована по отношению к _____ природным явлениям.
 - магнитным
 - тепловым
 - оптическим
 - электрическим
6. Волновая концепция природы света была предложена ...
 - Ньютоном
 - Герцем
 - Гюйгенсом
 - Галилеем
7. Сущность корпускулярной концепции трактовки материи заключается в (во) ...
 - динамичности её свойств, приводящей к скачкообразным их изменениям
 - несводимости закономерностей поведения сложных материальных систем к закономерностям поведения простых
 - существовании отграниченных друг от друга материальных систем
 - включении менее сложных материальных систем в более высокоорганизованные
8. Теоретической основой континуальной концепции описания природы была ...
 - квантовая механика
 - классическая механика
 - динамика Аристотеля
 - электродинамика Максвелла
9. В чем состояла суть противоречия между корпускулярной и континуальной концепциями описания природы?
 - в отрицании возможности одновременного существования двух форм материи – вещества и поля
 - в том, что одна из этих концепций подтверждалась эмпирическими фактами, а другая – нет
 - в существовании двух форм одной и той же субстанции – материи – с диаметрально противоположными свойствами
 - в отсутствии теоретической основы у одной из этих концепций

10. Электродинамика Максвелла доказала единую природу _____ явлений.

- электрических и магнитных
- электрических, оптических и тепловых
- магнитных, тепловых и электрических
- тепловых, магнитных, электрических и оптических

11. Масса атома ...

- ☐ равномерно распределена по его объему
- ☐ сосредоточена, в основном, в его ядре
- ☐ сосредоточена, в основном, вокруг его ядра
- ☐ неравномерно распределена по его объему

12. Какое утверждение является верным?

- число электронов в атоме = числу протонов в нём \neq числу его нейтронов
- число электронов в атоме = числу протонов в нём = числу его нейтронов
- число электронов в атоме \neq числу протонов в нём = числу его нейтронов
- число электронов в атоме \neq числу протонов в нём \neq числу его нейтронов

13. Для объяснения каких природных явлений была выдвинута квантовая гипотеза?

- нагревания тел
- нагревания и остывания тел
- остывания тел
- изменения агрегатного состояния тел

14. «Ультрафиолетовая катастрофа» – проблема _____ характера.

- фундаментального научного
- коммерческого (экономического)
- прикладного научного
- междисциплинарного научного

15. Опыт Дэвиссона – Джермера доказал наличие ...

- вещественных свойств у излучения
- электронов в атоме
- волновых свойств у вещества
- протонов в ядре атома

16. Какие утверждения являются верными?

- ☐ вокруг фотона имеет место конструктивная интерференция волн
- ☐ внутри фотона имеет место деструктивная интерференция волн
- ☐ вокруг фотона имеет место деструктивная интерференция волн
- ☐ внутри фотона имеет место конструктивная интерференция волн

17. Согласно современным представлениям, свет ...

- имеет двойственную природу
- является потоком частиц – электронов, фотонов, протонов – и обладает только корпускулярными свойствами
- представляет собой поток частиц – фотонов – и обладает только корпускулярными свойствами
- является электромагнитной волной и проявляет только континуальные свойства

18. Из кварков состоят ...

- лептоны
- адроны
- фотоны
- бозоны

19. Наименьшей частицей вещества является ...

- электрон
- кварк
- квант
- атом

20. Виртуальные элементарные частицы образуют ...

- ☐ ядра атомов
- ☐ молекулы вещества
- ☐ рентгеновское излучение
- ☐ физический вакуум

21. Экспериментально не обнаружены ...

- ☐ протоны
- ☐ электроны
- ☐ кварки
- ☐ нейтроны

22. Последний по времени результат развития представлений о материи – это ...

- ☐ кварковая модель вещества
- ☐ предположение о существовании «темной материи»
- ☐ гипотеза корпускулярно-волнового дуализма
- ☐ классификация элементарных частиц

23. Экспериментальное подтверждение существования «темной материи» – это ...

- ☐ образование «черных дыр»
- ☐ обнаружение «реликтового излучения»
- ☐ ускорение процесса расширения Вселенной
- ☐ замедление процесса сжатия Вселенной

по темам 1.5 – 1.6

1. Главным и неотъемлемым свойством материи движение считается с (со) _____ этапа истории естествознания.

- ☐ первого
- ☐ третьего
- ☐ второго
- ☐ четвертого

2. В механистической картине мира движение рассматривалось, как ...

- ☐ распространение волн и перемещение тел
- ☐ распространение волн
- ☐ перемещение тел
- ☐ любое изменение состояния материальных объектов

3. Расположите представления о движении в порядке их возникновения:

-) движение любых материальных тел описывается законами механики
-) источник насильственного движения земных тел – внешняя причина, некая сторонняя сила
-) кроме механической существуют и другие, более сложные формы движения

4. Какой формой движения материи является процесс излучения энергии Солнцем?

- ☐ физической
- ☐ биологической
- ☐ механической
- ☐ химической

5. Проблему состояния с позиций детерминизма решают ...

- ☐ динамика Аристотеля
- ☐ классическая термодинамика
- ☐ классическая механика
- ☐ электродинамика Максвелла

6. Укажите верные суждения о сути внутренней энергии системы:

- ☐ внутренняя энергия системы – это сумма кинетической и потенциальной энергии её элементов
- ☐ внутреннюю энергию системы количественно определить нельзя
- ☐ внутренняя энергия системы может быть количественно определена экспериментальным путем
- ☐ внутренняя энергия системы – это сумма энергий всех видов, которыми она обладает

7. Феноменологический подход позволяет определить ...
- механическую энергию движущегося тела
 - внутреннюю энергию материальной системы
 - энергию электромагнитной волны
 - изменение внутренней энергии материальной системы
8. Основой статистического метода (микроскопического подхода) к решению проблемы состояния являлась ...
- классическая термодинамика
 - статистическая физика
 - квантовая механика
 - теория относительности
9. Сколько существует подходов к решению проблемы состояния сложной системы?
- два
 - четыре
 - три
 - пять
10. Укажите верные утверждения:
- ☐ взаимодействие – результат связи
 - ☐ взаимодействие – необходимый атрибут связи
 - ☐ связь – необходимый атрибут взаимодействия
 - ☐ связь – результат взаимодействия
11. Первое лабораторное наблюдение гравитационного притяжения между двумя телами осуществил ...
- И. Ньютон
 - Г. Кавендиш
 - М. Фарадей
 - Н. Коперник
12. Между космическими объектами преобладает _____ взаимодействие.
- электромагнитное
 - сильное
 - слабое
 - гравитационное
13. Дальнодействие – это передача энергии от объекта к объекту ...
- со скоростью, равной скорости света
 - с произвольной конечной скоростью
 - мгновенно
 - со скоростью, большей скорости света
14. Концепция дальнодействия предполагает, что ...
- ☐ взаимодействие материальных тел не требует материального посредника
 - ☐ скорость передачи взаимодействия ограничена
 - ☐ взаимодействие между материальными телами может осуществляться мгновенно
 - ☐ взаимодействие на расстоянии должно происходить через материальных посредников
15. В земной реальности доминируют _____ и _____ взаимодействия.
- сильное и электромагнитное
 - гравитационное и слабое
 - электромагнитное и гравитационное
 - слабое и сильное
16. Установите соответствие между материальной системой и доминирующим в ней типом взаимодействия:
- | | |
|---------------|--------------------|
| 1) Вселенная |) электромагнитное |
| 2) ядро атома |) сильное |
| 3) атом |) гравитационное |

17. Установите соответствие между типом взаимодействия и радиусом его действия:
- | | |
|-------------------|--|
| 1) сильное |) радиус действия во много раз меньше размера ядра атома |
| 2) гравитационное |) радиус действия равен бесконечности |
| 3) слабое |) радиус действия соизмерим с размером ядра атома |
18. Взаимодействие, которое имеет универсальный характер, выступает всегда в виде сил притяжения и является самым слабым на ядерных расстояниях, называется ...
- | | |
|--------------------|------------------|
| ○ сильным | ○ гравитационным |
| ○ электромагнитным | ○ слабым |
19. Какие кванты – переносчики фундаментального взаимодействия – еще не обнаружены, а только предсказаны?
- | | |
|----------|-------------|
| ○ глюоны | ○ гравитоны |
| ○ фотоны | ○ бозоны |
20. Установите соответствие между принципом передачи взаимодействия и его сущностью:
- | | |
|--------------------------------|---|
| 1) дальное действие |) одностороннее воздействие движущего на движимое. Воздействие передается только при непосредственном контакте |
| 2) квантово-полевого механизм |) мгновенная передача взаимодействия через пустоту на любые расстояния |
| 3) близкое действие |) тело испускает виртуальные частицы – переносчики соответствующего взаимодействия, поглощаемые другим телом, с которым осуществляется взаимодействие |
| 4) принцип динамики Аристотеля |) взаимодействие передается только через материального посредника – физическое поле – с конечной скоростью |
21. Установите соответствие между взаимодействием и его частицей-переносчиком:
- | | |
|---------------------|---------|
| 1) сильное |) фотон |
| 2) электромагнитное |) бозон |
| 3) слабое |) глюон |
22. Бозон Хиггса – это ...
- | | |
|--|--|
| ○ квант электрослабого взаимодействия | ○ переносчик слабого взаимодействия |
| ○ элементарная частица, участвующая в превращениях фотонов и бозонов | ○ элементарная частица, входящая в состав атомов |

Литература

1. Горелов А.А. Концепции современного естествознания: учебное пособие для академического бакалавриата. – М.: Издательство Юрайт; 2015. – 347 с.
2. Дубнищева Т.Я. Концепции современного естествознания. Учебник под ред. акад. РАН М.Ф. Жукова. – М.: Издательство «Academia», 2009. – 608 с.
3. Канке В.А., Лукашина Л.В. Концепции современного естествознания: Учебник для академического бакалавриата. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 368 с.
4. Концепции современного естествознания / под общей ред. проф. С.И. Самыгина: Учебное пособие. – М.: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: издательский центр «МарТ», 2007. – 240 с.
5. Концепции современного естествознания: учебник для бакалавров / под ред. В.Н. Лавриненко. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 462 с.
6. Найдыш В.М. Концепции современного естествознания: Учебник. – М.: Издательство КноРус, 2018. – 704 с.
7. Перевошиков Ю.С., Макарова Л.Л. Концепции современного естествознания. – М.: Издательство ВЦУЖ, 1998. – 300 с.
8. Романов В.П. Концепции современного естествознания: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2011. – 286 с.
9. Савченко В.Н. Начала современного естествознания: концепции и принципы: учебное пособие / В.Н. Савченко, В.П. Смагин – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 608 с.
10. Соломатин В.А. История и концепции современного естествознания: Учебник для вузов. – М.: ПЕР СЭ, 2002. – 464 с.

2. ПРОСТРАНСТВО, ВРЕМЯ, СИММЕТРИЯ

2.1. Эволюция представлений о пространстве и времени

Вместе с материей, движением и взаимодействием понятия пространства и времени являются *базовыми категориями* всего естествознания. И точно так же, как рассмотренные в предыдущем модуле первые три, их естественнонаучная трактовка неразрывно связана с их же философской интерпретацией. С точки зрения естествознания *пространство и время – это формы существования материи*, с позиций же философских, пространство и время есть всеобщие и необходимые формы её бытия.

Говоря более конкретно, пространство и время следует отнести к научным категориям *физики*, поскольку именно она решает задачу *измерения* длин и длительностей. Общая часть данной задачи – *измерить* то и другое – объясняет, почему понятия пространства и времени издавна используются *в паре друг с другом* – эти понятия выражают *упорядоченность мира*. В то же время они сильно различаются по смыслу, поскольку смысл понятия «пространство» связан с *упорядочиванием сосуществующего* (одно рядом с другим), а смысл понятия «время» – с *упорядочиванием событий*, которые приходят на смену друг другу (одно после другого).

Развитие представлений о пространстве и времени с античных времен до наших дней можно свести к решению следующей *двуединой* задачи: – какова *сущность* (физические свойства и геометрические характеристики) пространства и времени?

– как *связаны* пространство и время с видами материи – веществом и полем?

Эволюция подходов к решению данной задачи разбивается на два периода (с периодами истории *всего* естествознания, что рассматривались в теме 1.3 предыдущего модуля ничего общего не имеют!) – *доэйнштейновский* (содержание данной темы модуля 2) и *эйнштейновский* (темы 2.2 и 2.3 этого же модуля).

С *античных* времен наиболее известными были две концепции пространства и времени. Одна из них идет от атомистов – Демокрита, Лукреция и Эпикура (см. тему 1.3) – они пространство считали *пустотой* (*небытием*), которая *неподвижна, бесконечна и не оказывает никакого влияния на находящиеся в ней тела* (последние, наоборот, есть бытие). В этой пустоте одинаковыми свойствами обладают все её точки и направления, отсюда ещё два её качества – она *однородна* и *изотропна*. Время атомисты рассматривали как *субъективное ощущение действительности*. Другая концепция восходит к Аристотелю (там же) и опирается на прямо противоположный принцип – *отсутствия пустоты в природе*. Мировое пространство у Аристотеля заполнено непрерывной и строго иерархично организованной материей. Каждый уровень этой организации (например, те

же подлунный или надлунный миры, см. тему 1.3) обладает своими специфическими свойствами, в силу чего в каждой точке и в каждом направлении пространства действуют свои законы. Отсюда – совершенно иные свойства аристотелевского пространства – оно *конечно* (потому что все заполняющие его материальные структуры имеют конкретную протяженность и форму), *не является пустотой* (поскольку представляет собой протяженную и непрерывную материю), *неоднородно* и *анизотропно* (антиподы приведенных выше его качеств). Время Аристотель считал *мерой движения* (как насильственного, так и естественного, там же).

Концепции атомистов придерживался и Евклид (см. тему 1.3), давший первую строгую математическую интерпретацию однородного, изотропного и бесконечного пространства. В евклидовой геометрии, что изучается в средней школе, пространство плоское, прямолинейное, и описывается пятью аксиомами (постулатами) – что сумма углов треугольника равна 180° , что параллельные прямые не пересекаются и т.п. Противоположные, аристотелевские взгляды получили развитие в трудах французского философа и мыслителя Р. Декарта, который считал пространство протяженной материей, заполняющей в виде элементарных вещественных частиц всю Вселенную. Все наблюдаемые физические явления – теплоту, свет, электричество, магнетизм – Декарт объяснял взаимодействием этих частиц в виде давления или удара. Он же ввел трехмерную координатную систему, названную впоследствии его именем, в которой время представлялось в качестве одной из координатных осей. По сути, Декарт обосновывал *единство физики и геометрии*, отождествляя, соответственно, материальность и протяженность и отрицая пустое пространство. В трактовке же времени он, наоборот, уже как сторонник атомистов, считал его *субъективным* (человеческим) осмыслением *объективной длительности*, как свойства всего материального мира.

Завершает доэйнштейновский период эволюции представлений о пространстве и времени их трактовка в соответствии с *механистической* естественнонаучной картиной мира (см. тему 1.3). Сначала в рамках формирования данной картины Галилеем *математически строго* было доказано такое, высказывавшееся ранее атомистами лишь на уровне *предположения*, их качество, как *абсолютность*, т.е. *независимость от материи* (см. выше). Для этого Галилей осуществил *мысленный эксперимент* по проверке справедливости соблюдения законов механики по отношению к двум опять же чисто гипотетическим ситуациям, а именно, когда параметры движения материального тела (путь и время) измеряются в *разных* декартовых системах координат, как в системах *отсчета*. Одна из этих систем неподвижна, а другая, будучи связана с этим телом, либо движется вместе с ним с малой (много меньшей, чем скорость света в вакууме) скоростью прямолинейно и равномерно относительно *одной* из пространственных осей первой системы координат, либо покоится по отношению к

ней же, как к системе отсчета. Такие системы Галилей назвал *инерциальными* (рис. 2.1).

Итог мысленного эксперимента Галилея был таков. Подставляя как аргументы в уравнения механики параметры движения тела, измеренные в *разных* системах отсчета – в неподвижной x, y, z, t (см. рис. 2.1) и в подвижной x', y', z', t' (там же) –, он показал, что эти уравнения *правильно* описывают данное движение в *любой* из инерциальных систем отсчета, сами при этом оставаясь *неизменными*. На основании этого вывода Галилей сформулировал важнейший закон классической механики – названный его именем *принцип относительности*, согласно которому все физические (тогда, в 16 веке – только механические!) процессы *протекают одинаково* во всех инерциальных системах отсчета.

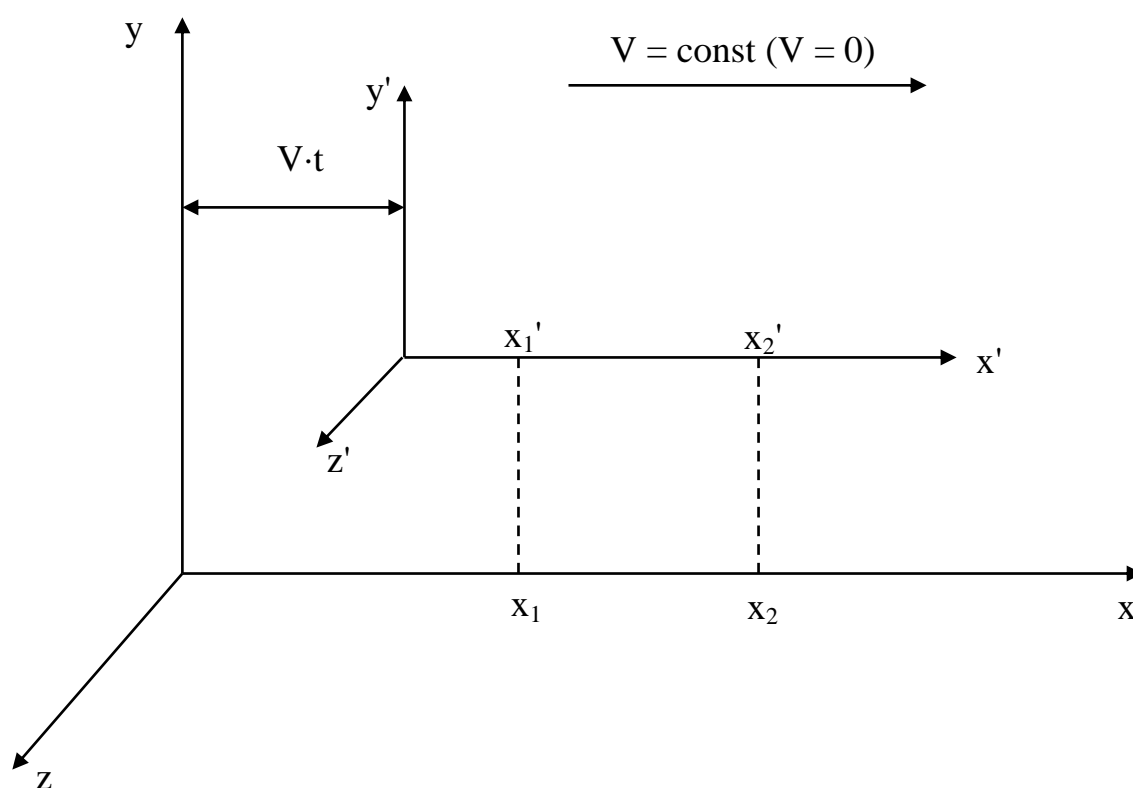


Рис. 2.1. *Инерциальные системы отсчета*

Переход от одних аргументов к другим осуществляется с помощью *преобразований Галилея*:

$$y = y'; \quad z = z'; \quad x = x' + V \cdot t; \quad t = t'.$$

Данные преобразования позволяют сформулировать еще одну, *более физическую и более математическую* версию принципа относительности Галилея – законы механики **инвариантны** (неизменны, безразличны) к преобразованиям Галилея.

Следствиями, математически строго вытекающими из этих преобразований, являются:

- $t = t'$ – время течет **одинаково** в обеих инерциальных системах отсчета, т.е. оно **абсолютно** (независимо) по отношению к факту наличия или отсутствия движения материальных объектов (тел);
- как следует из рис. 2.1, $x_1 = x_1' + V \cdot t$ и $x_2 = x_2' + V \cdot t$. Приращение Δ координаты пространства в направлении движения будет равно разности $x_1 - x_2 = x_1' + V \cdot t - x_2' - V \cdot t = x_1' - x_2'$, т.е. $\Delta x = \Delta x'$ – изменение данной координаты также **одинаково** в обеих инерциальных системах отсчета, следовательно, **пространство также абсолютно**.

Завершил формирование доэйнштейновского понимания пространства и времени Ньютон. Дополняя выводы Галилея, он, опираясь на свою гравитационную модель Вселенной, обосновал **бесконечность пространства**, поскольку лишь при этом условии в ней может существовать множество космических объектов – центров тяготения. К **инвариантным**, т.е. не меняющимся при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой параметрам движущегося тела (напомним, что по Галилею, это *время* его движения и *размер* тела в направлении этого движения, см. выше), он добавил **массу тела**. В качестве еще одного подтверждения правоты *принципа соответствия* (см. раздел 1.3) можно привести тот факт, что описанный выше принцип относительности Галилея Ньютон сделал первым законом своей знаменитой динамики, как закон *инерции*.

В итоге в механистической картине мира пространство стало считаться «*прямолинейным*», описываемым геометрией Евклида. Оно рассматривалось, напомним, как *абсолютное, пустое, однородное и изотропное* (не имеющее выделенных точек и направлений) и выступало в качестве «*вместилища*» *материальных тел* как независимая от них неподвижная инерциальная система отсчета бесконечно большого размера (см. выше). Время понималось *абсолютным, однородным, равномерно текущим*. Оно идет сразу и везде во всей бесконечной Вселенной «единообразно и синхронно» и выступает как *независимый от материальных объектов процесс длительности*. Определяющее свойство времени – *показывать продолжительность события*.

Нельзя сказать, что в последующие два столетия (до эйнштейновского понимания пространства и времени) концепция бесконечной и стационарной Вселенной Ньютона не вызывала сомнений. Так, в середине 18 века швейцарский астроном Жан Шезо впервые сформулировал так называемый *фотометрический парадокс*: «Если количество звезд во Вселенной бесконечно, то почему всё небо не сверкает, как поверхность *единой* звезды? Почему небо местами темное? Почему звезды разделены темными промежутками?»

Действительно, если провести мысленный эксперимент по увеличению радиуса r Вселенной, как сферы, имеющей центром Землю, то *яркость* звезд, заполняющих эту сферу, согласно закону обратных квадратов механики Ньютона и электростатики Кулона, будет по мере увеличения данного

радиуса *ослабевать* в $1/r^2$ раза. Но при этом *количество* этих звезд будет увеличиваться пропорционально объему данной сферы, т.е. *расти на порядок быстрее* – в r^3 раза. В итоге, по Ньютону, земное небо и днем, и ночью должно сверкать ярче Солнца, однако такого нет – почему?

Шезо сам пытался найти ответ на поставленные им вопросы. Он полагал, что, скорее всего, это пылевые облака заслоняют от нас свет далеких звезд, поэтому земным наблюдателям доступны лучи лишь ближайших светил. Немецкий астроном Ольберс (уже в 19 веке), вначале поддерживавший гипотезу о пылевых облаках, затем сам же её и опроверг (фальсифицировал, см. тему 1.2), придя к правильному выводу, что такие облака постепенно нагрелись бы далекими звездами и начали бы излучать столько же света, сколько поглощают.

Таким образом, фотометрический парадокс (часто его называют парадоксом Шезо – Ольберса) неизбежно приводил к одному из двух выводов – либо Вселенная не бесконечна, либо количество звезд в ней ограничено.

С открытием полевого вида материи ситуация еще более усугубилась. Прежде всего, выяснилось, что законы, описывающие поведение этого вида материи – *законы (уравнения) электродинамики Максвелла – неинвариантны к преобразованиям Галилея*. Действительно, если подвижную инерциальную трехмерную систему отсчета x' , y' , z' (см. рис. 2.1) совместить не с *электрически нейтральным* вещественным телом, как это и предполагал данный рисунок, а с телом – носителем, например, положительного или отрицательного *электрического заряда*, то в этой системе возникает *электростатическое* поле *постоянной* напряженности, природа которого описывается конкретной теорией – упоминавшейся выше *электростатикой Ш. Кулона*. По отношению же к неподвижной декартовой системе координат x , y , z (там же) *тот же заряд, будучи подвижным*, создает вокруг себя переменное магнитное поле, изменение магнитного поля приводит к возникновению уже не связанного с телом – носителем заряда – электрического поля другой напряженности, а вокруг изменяющегося электрического поля снова возникает тоже переменное магнитное поле. Электрическое и магнитное поля, непрерывно изменяясь, возбуждают (индуцируют) друг друга, в результате чего возникает уже *другое* поле – *электромагнитное*, подчиняющееся законам и *другой* теории – *электродинамике Максвелла*. Вывод – для *полевого* вида материи принцип относительности Галилея *не выполняется*, поскольку связанные с этим видом явления электромагнетизма (*одни и те же!*) выглядят *по-разному*, если на них просто «смотреть» из *разных* мест – это не укладывается в рамки обычного здравого смысла.

Самым, пожалуй, значимым фактом из числа тех, что ставили под сомнение ньютоновскую концепцию пространства и времени, является *отрицательный* результат опыта американских физиков А. Майкельсона и Э. Морли 1887 года по обнаружению *эфира*. Еще до Ньютона под этим

термином понимали некую материальную среду, чем-то отличающуюся от пустоты, которая заполняет *всё* пространство Вселенной. Конкретизируя такое, довольно философское понятие, Ньютон, в полном соответствии со своим видением мира, предложил считать эфиром *механическую среду*, в которой тела воздействуют друг на друга посредством гравитации по принципу дальнодействия (см. раздел 1.3). Проще говоря, *эфир*, по Ньютону – это мировая среда, обеспечивающая действие закона всемирного тяготения, а по Галилею – самая большая (абсолютная) неподвижная инерциальная система отсчета.

Никакими экспериментальными данными доказать *существование эфира* на этапе классического естествознания (там же) было нельзя – действительно, как на практике продемонстрировать, что бесконечность есть? Шанс появился на следующем, третьем этапе истории естествознания как раз после открытия полевого вида материи. В соответствии уже с электродинамикой Максвелла эфир наделялся *новым* качеством – быть ответственным за все проявления не только гравитационного, но и *электромагнитного* взаимодействия. Чтобы доказать наличие этого качества, и *тем самым доказать сам факт существования эфира*, был реализован уже *не мысленный*, как в случае с превращением законов электростатики в законы электродинамики при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую (см. выше), а *реальный эксперимент* с той же целью – проверить справедливость принципа относительности Галилея по отношению к электромагнитным явлениям.

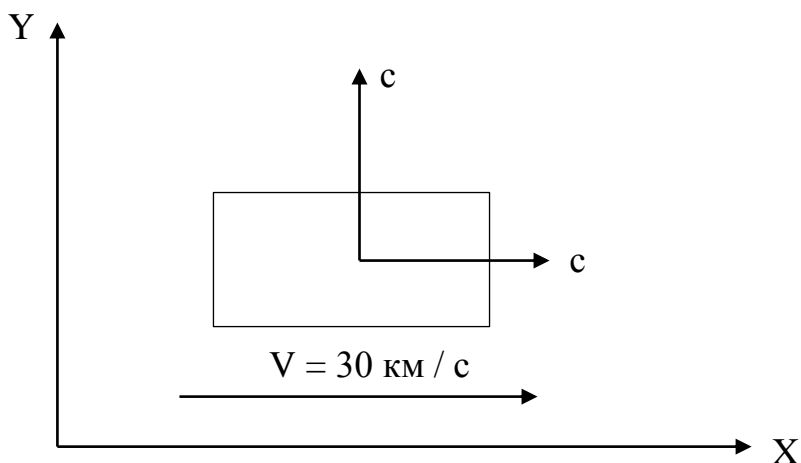


Рис. 2.2. Схема опыта Майкельсона – Морли

Идея опыта заключалась в сравнении *времени* прохождения света в *двух* направлениях – движения Земли по околосолнечной орбите с тангенциальной скоростью V по оси X (рис. 2.2) и в направлении, перпендикулярном этому движению, т.е. вдоль оси Y (там же). Если эфир, как неподвижная система отсчета, существует (в чем, кстати, авторы опыта, при-

ступая к нему, не сомневались), то *сложение векторов* скорости света в вакууме c (см. рис. 2.2), равной 300 000 км/с, и также известной еще со времен Ньютона, касательной к околосолнечной орбите, т.е. тоже линейной, скорости Земли V (там же) должно подчиняться правилам его же и Галилея классической механики, а именно:

- при испускании луча света *вдоль* оси X , когда направления векторов c и V *совпадают* (см. рис. 2.2), суммарная (относительно неподвижного эфира) скорость этого луча должна была бы быть равна $c + V = 300\,000 + 30 = 300\,030$ км/с, подобно тому, как скорость идущего по движущемуся вагону в направлении его движения пассажира равна сумме скоростей движения и вагона, и пассажира;
- при испускании луча света *поперек* оси X (вдоль оси Y , см. рис. 2.2), когда направления векторов c и V *взаимно перпендикулярны* (там же), скорость этого луча относительно неподвижного эфира должна бы быть равна $c = 300\,000$ км/с, что в соответствии с выше приведенным примером означает, что пассажир в вагоне стоит, сидит или лежит, т.е. относительно этого вагона неподвижен.

Результаты опыта достоверно показали, что при испускании луча света интерферометром Майкельсона (на рис. 2.2 показан прямоугольником) в *любом* из указанных там же направлений его скорость, т.е. *скорость света в вакууме c остается постоянной*. Из данного *практического* результата следовало, что законы классической механики, в том числе и принцип относительности Галилея, *неприменимы* к описанию поведения *полевого* вида материи, и что *эфира*, как абсолютной и неподвижной инерциальной системы отсчета *не существует*. В полном соответствии (в очередной раз!) с научным методом (см. тему 1.2) это означало, что необходимо создание *новой, более сложной* теоретической трактовки пространства и времени, которая, с одной стороны, согласовала бы их *разное* толкование механикой Ньютона и электродинамикой Максвелла, а с другой – дала бы *объяснения* результату опыта Майкельсона – Морли. Тот факт, что к концу 19 века ситуация с представлениями о пространстве и времени выглядела именно так, впоследствии подтвердил тот, кто и *решил* оформившуюся выше описанным порядком проблему, т.е. Эйнштейн, сказав, что *теория относительности возникла из проблемы поля*.

2.2. Специальная теория относительности

Формирование новых представлений о пространстве и времени шло по сценарию, схожему со становлением *квантовой* концепции материи (см. тему 1.4). Так, подобно тому, как Планк новый закон излучения предложил сначала в виде *эмпирической зависимости* (там же), точно так же его коллеги физики в качестве первого шага формирования данных пред-

ставлений попытались сначала просто дать *математическую интерпретацию* результата опыта Майкельсона – Морли. Это сделал нидерландский физик Хендрик Лоренц, задавшись целью «примирить» результат данного опыта с преобразованиями Галилея, т.е. сделать инвариантными к ним не только законы поведения *вещества* (законы механики Ньютона), но и законы поведения *поля* (законы электродинамики Максвелла). В 1904 году он, подобно Планку, предложил систему *тоже эмпирических зависимостей – преобразований параметров пространства и времени*, названную впоследствии Эйнштейном в знак уважения к ученому «преобразованиями Лоренца», при использовании которых *вместо* преобразований Галилея для перехода от одной инерциальной системы отсчета к другой (см. рис. 2.1) *инвариантность законов поля обеспечивалась*. Но по отношению к другому виду материи – *веществу* (носителю электрического заряда, который при движении тела это поле создает) – преобразования Лоренца предполагали нечто новое и совершенно невероятное – что будто бы *все подобные тела, включая Землю, реально сокращаются в размерах в направлении своего прямолинейного движения под действием возникающих при этом электромагнитных сил*, причем величина данного сокращения *прямо пропорциональна скорости движения тела*. Мало того, в *прямой же зависимости от этой скорости оказывается величина замедления времени для движущегося тела*.

Для инерциальных систем, показанных на рис. 2.1 (см. выше), преобразования Лоренца имеют следующий вид:

$$y' = y; \quad z' = z; \quad x' = \frac{x - V \cdot t}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}; \quad t' = \frac{t - V \cdot x/c^2}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}.$$

В качестве примера можно, используя приведенные зависимости, подсчитать, что ракета длиной, допустим, $x = 50$ м при скорости своего движения $V = 100$ км/с *сокращает свою длину* по отношению к Земле, с которой взлетела, на 0,003 мм в направлении этого движения, а часы, установленные в ракете, будут идти на 0,00002 с *медленнее* часов, установленных на Земле и синхронизированных с первыми в момент старта ракеты. Можно также убедиться, что для *земных* условий, где V много меньше c , а, следовательно, отношение V/c стремится к нулю, преобразования Лоренца, как это и положено по принципу соответствия Н. Бора (см. тему 1.3), *вырождаются* (упрощаются) в преобразования Галилея (см. тему 2.1).

Заканчивая аналогию между описываемыми событиями и разрешением «ультрафиолетовой катастрофы» (снова см. тему 1.4), уточним, что, как и закон излучения Планка, *преобразования Лоренца не были даже гипотезой*, поскольку никаких разумных и логичных *теоретических объяснений* причин уменьшения размеров движущихся тел и замедления для них хода времени они *не давали* – получается, что это такой же «фокус аппроксимации», каковым современники первоначально сочли выше упомянутый закон (там

же). Отличие же в том, что подобные объяснения Планк дал, как известно, *сам* – в виде квантовой гипотезы. Смысл же преобразований Лоренца, а также результат опыта Майкельсона – Морли и ему (Лоренцу), и *всему миру* объяснил *другой* человек. Это сделал 26-тилетний (!) Альберт Эйнштейн в статье «К электродинамике движущихся тел», опубликованной в сентябре 1905 г. в немецком научном журнале «Анналы физики».

Данная статья явилась итогом почти десятилетних размышлений Эйнштейна, как он сам выражался, «о соотношении между твердыми телами (координатными системами), часами и электромагнитными процессами (скоростью света)». Важнейший вывод этих размышлений, считающийся *главной сутью* изложенных в выше упомянутой статье *основ специальной теории относительности* – *относительность одновременности*. Смысл данного понятия, полностью пересматривающего ньютоновские представления о пространстве и времени, заключается в следующем.

Согласно рис. 2.3, *система отсчета x', y'* движется относительно *системы отсчета x, y* с постоянной скоростью V вдоль оси x . В точке O происходит вспышка света. Наблюдатель, находящийся в системе отсчета x, y , рассуждает следующим образом – скорость света c в направлениях OA и OB одна и та же, а поскольку по определению $OA = OB$, *свет достигает точек A и B одновременно*.

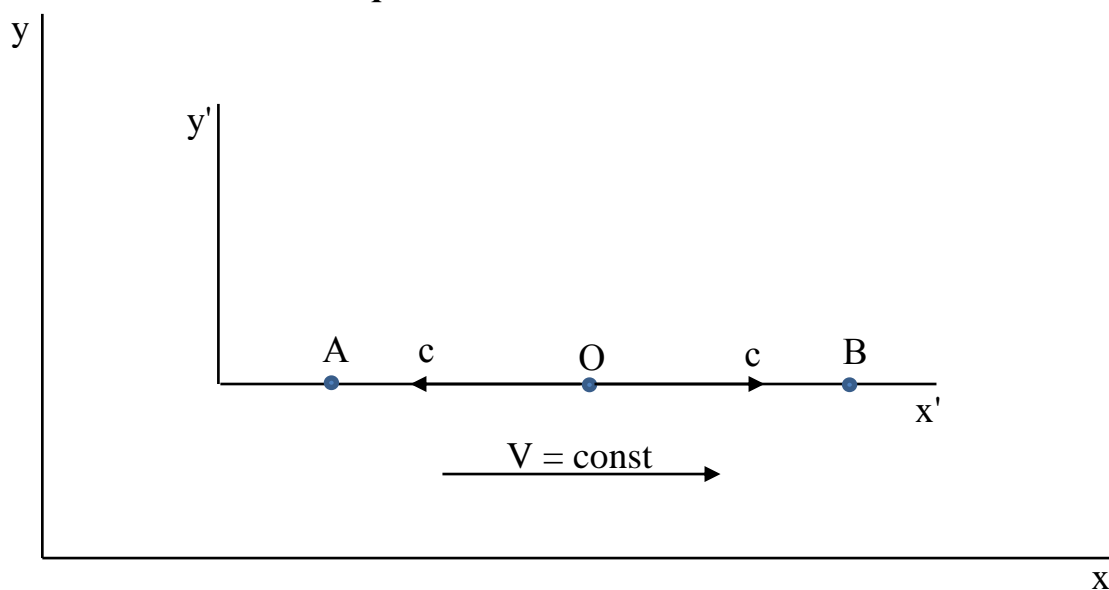


Рис. 2.3. *Относительность одновременности*

Наблюдатель, находящийся в системе отсчета x, y , рассуждает в той же теоретической манере, что и его коллега из системы отсчета x', y' , но приходит к совершенно иному выводу – скорость света c действительно одинакова в направлениях OA и OB , но *для меня* точка A к источнику света (точке O) *приближается*, а точка B от этого же источника *удаляется*, в результате чего *свет окажется в точке A раньше, чем в точке B* . Получается, что события, *одновременные в системе отсчета x', y'* , оказываются

неодновременными в системе отсчета x, y , следовательно, **одновременность** – понятие **относительное**. Наблюдатели, движущиеся относительно друг друга, будут иметь **различные** мнения об **одновременности одних и тех же событий** – события, являющиеся одновременными для одного наблюдателя, не одновременны для другого наблюдателя, движущегося относительно первого.

Из относительности одновременности следует **относительность размера тела в направлении его движения** – ведь чтобы измерить длину тела, необходимо отметить левую и правую границу этой длины **одновременно**, а это, как только что было доказано, **невозможно**. Выходит, и длина тела, измеренная **разными** наблюдателями, которые **движутся друг относительно друга**, тоже должна быть различна.

В таком **новом** понимании промежутки времени и размеры тел теряют **абсолютный** характер, какой им приписывался классической физикой (см. тему 2.1), и приобретают статус **относительных** величин, зависящих от выбора системы отсчета, с помощью которой проводилось их измерение – **пространство и время** получают **неразрывно связанными** с движением наблюдателя и объекта наблюдения **друг относительно друга**. На основании данного вывода **истинный смысл преобразований Лоренца** их автору и всем остальным Эйнштейн разъяснил так. В этих преобразованиях отражается не **реальное** изменение размера движущегося тела и не имеющее место в **действительности** замедление для него хода времени (опять «детские» вопросы – куда, скажем, «пропали» 0,003 мм длины летящей ракеты из выше приведенного примера, они «отрастут» обратно, если ракета остановится, или нет?), а **изменение результатов измерения** данных параметров движения тела **в зависимости от того, в какой из систем отсчета** – подвижной или неподвижной – **эти измерения производятся**. Проще говоря, то, что **видит** наблюдатель, определяется тем, **где он находится**. В таком контексте разница в природе полей, возникающих в подвижной и неподвижной системах отсчета (см. тему 2.1), вполне допустима и объяснима. Эйнштейн усмотрел в преобразованиях Лоренца **математическое выражение** открытого им нового качества пространства и времени – быть зависимыми и связанными с **движением** по отношению к ним материальных объектов – макроскопических тел как **механических систем**, содержащих **электрические заряды**, поскольку любое вещество состоит из заряженных частиц. Если учесть, сказал он, это новое качество форм существования материи **заменой преобразований Галилея** (отказом от ньютоновских представлений о пространстве и времени) **преобразованиями Лоренца** (принятием других, постньютоновских представлений о них), то принцип относительности Галилея оказывается справедлив не только по отношению к **механическому движению**, но и по отношению к **электромагнитным явлениям**. Тогда он утрачивает статус закона классической механики, приобретая статус **более общего закона физики** – **принципа относительности**. Именем Эйнштейна, по ана-

логии с принципом относительности Галилея, его называть, на наш взгляд, не совсем корректно, поскольку за год до выше упомянутой публикации Эйнштейна, т.е. в 1904 г., данный закон сформулировал другой ученый – французский математик Анри Пуанкаре.

Для наглядности факта соблюдения принципа соответствия Н. Бора (см. тему 1.3) **формулировки принципа относительности Пуанкаре – Эйнштейна** приводим в тех же оборотах речи, что и суть принципа Галилея (см. тему 2.1):

- все физические (теперь, в начале 20 века – не только механические, но и электромагнитные, а именно, оптические, тепловые и др.) процессы протекают **одинаково** во всех инерциальных системах отсчета;
- законы электродинамики **инвариантны** к преобразованиям Лоренца (напомним, что для одного из частных случаев этих преобразований, а именно, при отношении V/c , стремящемся к нулю, к ним инвариантны и законы механики, см. выше).

Еще одно новое качество пространства и времени, обнаруженное опытом Майкельсона – Морли (см. тему 2.1), Эйнштейн предложил зафиксировать в виде **принципа постоянства скорости света**, гласящего, что *скорость света в вакууме с одинакова во всех инерциальных системах отсчета и не зависит от движения источников и приемников света*, причем дополнил данный принцип положением о **невозможности распространения вообще какого-либо физического взаимодействия со скоростью, большей, чем скорость света**.

Данные два принципа – принцип относительности Пуанкаре – Эйнштейна и принцип постоянства скорости света – являются **постулатами специальной теории относительности** А. Эйнштейна (1905 г.). Специальной она называется потому, что, будучи новой теорией, более сложно и достоверно, чем теория старая (классическая механика) описывающей движение тел, она *не учитывала источник этого движения – энергию гравитации (силу тяготения)*. Иными словами, кинематику Ньютона (как двигаются тела) Эйнштейн на «язык» специальной теории относительности «перевел», а динамику Ньютона (почему, под действием какой силы тела двигаются) он «переведет» на «язык» другой, уже универсальной или *общей* теории относительности, но это будет позже (см. тему 2.3), пока же необходимо было просто объяснить происхождение названия теории, о которой идет речь в настоящем разделе. Как принципиально иная, нежели механика Галилея – Ньютона, специальная теория относительности имеет ещё название *релятивистской* (см. тему 1.3) механики, поскольку в ней, действительно, *переменными и относительными, т.е. релятивистскими* стали параметры пространства, времени и движения тел.

Еще одним принципиально новым положением специальной теории относительности стала **отмена** господствовавшего в механике Ньютона принципа *дальнегодействия* (см. тему 1.3), поскольку, в соответствии с по-

стулатом *постоянства скорости света* (см. выше), все возможные физические взаимодействия квалифицируются только как *близкодействующие*. В этой связи новый вид и новую сущность в специальной теории относительности приобретает *правило сложения скоростей движения тела*. Если, согласно рис. 2.1, тело движется вдоль осей x и x' со скоростями v и v' соответственно, то

$$v = (v' + V) / (1 + V \cdot v' / c^2) \quad .$$

Для *самого предельного* случая, когда и скорость движения V подвижной системы отсчета вдоль оси x , и скорость движения тела v' вдоль оси x' данной системы равны скорости света c , кажется, что по закону сложения скоростей классической механики относительно оси x тело будет двигаться с суммарной скоростью $v = V + v' = c + c = 2c$. Отнюдь:

$$v = (c + c) / (1 + c \cdot c / c^2) = 2c / 2 = c \quad .$$

Опять же для *земных* условий, когда скорости V и v' во много раз меньше скорости света c , величиной $V \cdot v' / c^2$, как стремящейся к нулю, можно пренебречь, и релятивистская формула сложения скоростей движения тела вырождается в соответствующую формулу механики Ньютона:

$$v = v' + V \quad .$$

Также релятивистской, т.е. тоже зависящей от скорости движения тела V , становится его *масса* m' :

$$m' = \frac{m_0}{\sqrt{1 - V^2/c^2}},$$

где, m_0 – масса тела в неподвижной системе отсчета (см. рис. 2.1), или его *масса покоя*, которой, как постоянной, не зависящей от скорости движения тела, оперирует классическая механика.

Поскольку скорость V является мерилom кинетической энергии (энергии движения) тела, то из выше приведенной формулы следует факт существования *связи между массой и энергией вещества*. К моменту создания специальной теории относительности уже были известны результаты исключительно тонких опытов русского ученого Петра Николаевича Лебедева по доказательству существования и измерению величины *давления света*, падающего на поверхность тела. Как *частный случай* существования выше указанной связи, Лебедев получил эмпирическую зависимость (см. тему 1.2), согласно которой давление света пропорционально квадрату его скорости. Опираясь на результаты Лебедева, Эйнштейн показал, что между *полной энергией* тела E (аналог внутренней энергии, см. тему 1.5) и его массой m существует универсальная зависимость вида $E = mc^2$, которая считается самой знаменитой формулой в мире, или «*формулой 20 века*» (она высечена на кенотафе Эйнштейна, установленном на кладбище города Принстон, США). Почему? С *научной* точки зрения значимость этой фор-

мулы в том, что она доказала **единство** двух видов материи – *вещества и поля* – что является важнейшим результатом целого этапа развития науки – этапа неклассического естествознания (см. тему 1.3). Кроме того, энергия E в данной формуле – это вовсе не энергия движения массой m (как функции данного аргумента), а **максимальная запасенная** этой массой энергия. Полностью, без остатка превратиться в какую-либо *полезную* энергию (например, в энергию излучения) она может только в результате аннигиляции частиц и античастиц (см. тему 1.4). В этом контексте формула Эйнштейна приобретает колоссальное *экономическое (хозяйственное)* значение, поскольку выражает собой полное и окончательное решение столь актуальной сейчас **проблемы ресурсосбережения** – сколько энергии E можно получить из энергоносителя массой m при **максимально** полном полезном его использовании (КПД = 100 %). Русский и советский физик С.И. Вавилов подсчитал, что энергия, получаемая **всей** нашей Землей от Солнца **за одну секунду** эквивалентна, по Эйнштейну, **двум (!) килограммам** вещества (любого). Можно привести пример более прагматичный – энергия покоя **1 кг вещества** равна количеству энергии, потребляемой сейчас такой страной, как США, **за неделю (!)**. Это в теории, а на практике что? КПД современной *тепловой* энергетики, т.е. той, которая работает на сжигании *органического* топлива, составляет всего 10^{-8} %, поскольку энергия химической связи атомов в молекуле (а именно она высвобождается при горении) составляет как раз такую мизерную величину от полной, по Эйнштейну, энергии E этих атомов. В этом смысле формула века являет собой математическое подтверждение слов другого русского ученого – Д.И. Менделеева, который задолго до Эйнштейна сказал, что *топить печь углем – это все равно, что топить печь банкнотами*. Для сравнения – в *атомной* энергетике КПД, т.е. доля высвобождаемой энергии процессов деления ядер урана от той же полной их энергии E , равен 0,1 % (больше в *десять миллионов раз!*). В силу этого альтернативы атомной энергетике нет, тем более, что превратить *всю* запасенную в веществе энергию в полезную *принципиально нельзя*, поскольку уничтожить образующие его протоны и нейтроны мы не можем.

Остается добавить, что с учетом выражения для релятивистской массы m' (см. выше) формула Эйнштейна имеет вид:

$$E = m'c^2 = \frac{m_0 \cdot c^2}{\sqrt{1 - V^2/c^2}} \quad .$$

Формирование математического аппарата специальной теории относительности завершил в 1908 году немецкий физик, учитель Эйнштейна по математике Герман Минковский. Он объединил считавшиеся в ньютоновской механике существующими отдельно друг от друга пространство и время в **единое** четырехмерное «пространство-время», или в *пространственно-временной континуум*. У Ньютона любое тело, рассматриваемое

как материальная точка (см. тему 1.3), имеет *две независимые* координаты – расстояние от начала отсчета *трехмерной* (декартовой) системы координат x, y, z до данной точки, или её радиус-вектор r :

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

и время движения t этой же точки, измеряемое по другой, уже *одномерной* оси – оси времени, естественно. По Минковскому же мир представляет собой *плоское четырехмерное пространство-время*, в котором положение *любого* материального объекта (как будет показано ниже, уже не только тела, но и поля!) и его перемещения характеризуются *одной* величиной, называемой *интервалом* (или *мировым интервалом*, а также *мировой линией*) s :

$$s = \sqrt{c^2 t^2 - r^2} = \sqrt{c^2 t^2 - (x^2 + y^2 + z^2)},$$

который характеризует *расстояние до той точки-события* этого четырехмерного континуума, где находится данный материальный объект. При этом временные и пространственные координаты не отождествляются, а, наоборот, представляют собой *четыре разных* измерения, производимых по трем пространственным осям и по одной временной и «размеченных» в *одних и тех же* единицах измерения (см. формулу). Термин «плоское» в вышеприведенном названии этого *единого пространства-времени* указывает на то, что, с одной стороны, в этом новом симбиозе пространство осталось *евклидовым*. Забегая вперед, скажем, что *неевклидовым*, или *искривленным*, оно станет позже, в другой, более сложной теории относительности – в *общей* (см. тему 2.3). Но, с другой стороны, *чисто евклидовым*, как у Ньютона (см. тему 2.1) пространство все-таки уже *не является*, поскольку, говоря по-простому, «вошло» составной частью в некое большее целое *совершенно иной природы*. Чтобы подчеркнуть эту разницу, тот же Минковский предложил называть интерпретируемое им выше описанным образом пространство *псевдоевклидовым*.

Введение Минковским понятия интервала s позволило получить *математическую интерпретацию первого постулата* специальной теории относительности (принципа относительности Пуанкаре – Эйнштейна, см. выше) в виде $\Delta s = \Delta s'$, что означает – *в инерциальных системах отсчета величина изменения интервала $\Delta s = s_1 - s_2$ остается неизменной (абсолютной) для любых двух точек-событий s_1 и s_2* . Более коротко это означает, что в *специальной теории относительности инвариантом* является *изменение интервала между двумя точками-событиями*. Абсолютная же величина интервала s , выступающая единой координатой любого материального объекта в четырехмерном пространстве-времени (см. выше), определяется величинами соответствующих своих *составляющих* – пространственной r и временной t – как аргументов (там же).

Кроме того, если в формуле Минковского положить $r = 0$, то интервал s становится *пространственно-временным параметром поля*. Дей-

ствительно, размеров (координат) x , y или z поле не имеет, и скорость его распространения может быть только скоростью света в любой системе отсчета, т.е. для него соотношение $\Delta s = \Delta s'$ *тоже выполняется*. Данное следствие примечательно тем, что справедливость представлений специальной теории относительности для **обоих** видов материи – и вещества, и поля – доказывается не постулатами (напомним, что постулат – это исходное утверждение, принимаемое *без доказательств*), а строгим математическим выводом.

С учетом введенных Минковским понятий *суть всей специальной теории относительности предельно кратко* (наибольшая степень сворачивания информации, см. тему 1.2) *можно выразить так* – **инвариантами специальной теории относительности являются изменение интервала Δs и скорость света в вакууме c** .

Также математически строго из специальной теории относительности выводятся так называемые *релятивистские эффекты*:

- *движущиеся часы идут медленнее часов покоящихся*. По аналогии со следствиями из преобразований Галилея (см. тему 2.1), это означает, что $t > t'$, т.е. для движущегося тела время t' , измеренное в системе отсчета движущейся с этим телом, течет медленнее (оно меньше), чем время t , измеренное в неподвижной системе отсчета;
- *размер тела сокращается в направлении его движения*. В тех же следствиях (см. выше) данный размер – это $\Delta x = x_2 - x_1$. Тогда математически данный релятивистский эффект выражается неравенством $\Delta x < \Delta x'$, т.е. размер Δx движущегося тела, измеренный в неподвижной по отношению к нему системе отсчета, меньше, чем размер $\Delta x'$ этого тела, измеренный в системе отсчета движущейся вместе с ним;
- *масса движущегося тела (релятивистская масса) больше массы тела покоящегося (массы покоя тела)*. В принятых выше обозначениях это записывается неравенством $m' > m_0$, т.е. масса m' движущегося тела, измеренная в неподвижной по отношению к нему системе отсчета, больше, чем масса m_0 этого тела, измеренная в движущейся вместе с ним системе отсчета;
- *события, одновременные в одной системе отсчета, не являются одновременными в системе отсчета, движущейся относительно первой* (относительность одновременности, см. выше).

Общим для *трех первых* выше приведенных релятивистских эффектов является положение о **невозможности** достижения телом скорости света (см. выше). Это означает, что в *преобразованиях Лоренца* и в *формуле для определения релятивистской массы* (там же) предельный случай в виде $V = c$ (или, что то же самое, $V/c = 1$) допускается только теоретически. Более того, в земных условиях реальная скорость перемещения тел даже не соизмерима со скоростью света. Так, если вспомнить, что только *весьма немногие* из современных транспортных средств имеют скорость, равную скорости звука (а

это всего лишь 340 м/с), то даже для них $V/c = 0,34/300\,000$ есть бесконечно малая величина. Именно поэтому, как это уже было отмечено в отношении корпускулярно-волнового дуализма (см. тему 1.4), *релятивистские эффекты на Земле незаметны*. Мы здесь опять имеем дело с проблемой *наглядности физических представлений о реальности* – действительно, ну как обывателю объяснить, что такое, например, единое пространство-время? Можно, конечно, воспользоваться метафорой И. Бродского, что *тюрьма – это ограничение в пространстве, компенсируемое увеличением во времени*, но это не наука, а шутка Нобелевского лауреата по литературе.

Данная проблема является естественным следствием *прогресса науки в целом, и особенно физики* – создавая *все более сложные* и, в силу этого, *все более достоверные* формы научного знания (см. тему 1.2), она вынуждена постепенно *отказываться* от его непосредственной наглядности. Подобная тенденция, как может показаться, *противоречит* самой сути научного метода, согласно которому, современная наука, и физика, прежде всего, основываются на *эмпирическом опыте*, т.е. на данных наблюдения и на результатах эксперимента (там же). Но дело в том, что *реальность*, как уже говорилось, *сложна бесконечно*, и потому некоторые её стороны просто *недоступны* для эмпирического исследования. В этом случае, наоборот, *доступность* тех сторон реальности, которые все же *поддаются* непосредственному наблюдению или моделированию, может привести к *неверной трактовке* её сути в силу *неполноты* исходной информации. Так, динамика Аристотеля базировалась на, не раз уже упоминавшемся, принципе, что движущееся тело останавливается, если сила прекращает свое действие на него. Этот принцип казался соответствующим *реальности* и здравому смыслу только потому, что *не замечалось*, что причиной остановки тела является трение. И понадобился другой, уже *мысленный* эксперимент Галилея с *несуществующими*, т.е. *не являющихся наглядными* инерциальными системами отсчета (см. рис. 2.1), чтобы дать *более правильную трактовку реальности* – что если ничто не будет влиять на движение тела, оно (движение) может продолжаться бесконечно долго (иная, нежели в теме 2.1, редакция принципа относительности Галилея). Да что там Галилей – последние сомнения в том, что Земля действительно шар, исчезли только после получения во второй половине 20 века её фотографий с околоземной орбиты – настолько такие представления противоречили тому же здравому смыслу. В этом контексте уместно будет привести высказывание Эйнштейна по поводу тех, кто не верил в действительно казавшиеся невероятными выводы его теории: «Здравый смысл – это предрассудки, которые складываются в возрасте до восемнадцати лет».

Таким образом, *характерной чертой именно третьего этапа истории естествознания*, которую можно считать *дополнительной* к описанным в теме 1.3 *тенденциям развития науки*, является её (науки) *отказ* не только от *непосредственной наглядности* своих трактовок реальности, но и от

наглядности научных представлений вообще. Отсюда вопрос – как же доказывать **правоту** таких объяснений, если они не являются наглядными, а потому кажутся неубедительными и даже фантастическими? Ответ известен. Сутью научного метода был и остается тезис «*Практика – критерий истины*» (первая тенденция развития естествознания, там же), поэтому *эмпирическое подтверждение* существования каких-либо *недоступных* для непосредственного восприятия в *данной конкретной* области реальности её свойств надо искать в *других* областях этой же реальности, где данные свойства *поддаются* наблюдению или моделированию. Почему такой путь познания возможен – потому, что материя едина (см. тему 1.4), но в *разных* областях реальности *структурирована также по-разному*, следовательно, можно предположить, что *доступность или недоступность* для обнаружения и доказательства существования тех или иных свойств реальности в *разных областях* этой реальности *выражены неодинаково*. Так, *неочевидные для земной* реальности представления о форме нашей планеты были подтверждены *наблюдениями из-за пределов* этой реальности, т.е. из космоса (см. выше). Такая же «незаметная» в *земных* условиях двуединая вещьественно-полевая сущность материальных образований была доказана экспериментом в *другой* области их существования – в мире элементарных частиц (опыт Дэвиссона – Джермера, см. тему 1.4). Подобным же образом дело обстояло и с получением *эмпирических фактов, подтверждающих правоту* специальной теории относительности.

Релятивистское замедление времени подтверждается следующими многократно зафиксированными наблюдениями. В космических лучах, проникающих в верхние слои атмосферы (а это более 10 км от поверхности Земли), образуются *элементарные частицы*, называемые пи-мезонами, или мюонами. Будучи по природе своей короткоживущими, нестабильными и самопроизвольно распадающимися, они имеют *собственное* время жизни около 2 микросекунд. За это время, двигаясь со скоростью, соизмеримой со скоростью света (примерно 0,5 с), они могут пролететь *не более 300 м*. Именно такой путь мюонов регистрируют приборы, установленные на воздушных шарах, запускаемых в верхние слои атмосферы с научными целями. Такие же приборы, расположенные на поверхности Земли регистрируют эти же частицы как долетевшие до нас и прошедшие путь, *равный 30 км*, т.е. в 10 000 раз больший, чем для них возможно. Специальная теория относительности так объясняет данный факт: время $t' = 2$ мкс является временем, измеренным по часам, *движущимся вместе* с мюоном, т.е. находящимися, как и последний, в *подвижной* системе отсчета. В системе же отсчета, связанной с Землей, т.е. в *неподвижной*, время жизни *этой же* частицы t **намного больше**, что соответствует релятивистскому эффекту $t > t'$ (см. выше).

В 1971 г. в США был поставлен эксперимент по доказательству замедления времени не только по отношению к элементарным частицам, как в выше описанном случае, но и для макроскопических тел, т.е. для условий не

космической, а *земной* реальности. Изготовили двое совершенно одинаковых точных часов. Одни часы оставались на Земле, а другие помещались в самолет, который летал вокруг Земли. Самолет, летящий по круговой траектории, движется с некоторым ускорением по отношению к вращающейся вокруг своей оси Земле, и значит, часы на борту самолета находятся в другой ситуации по сравнению с часами, покоящимися на её поверхности. Предварительные расчеты с помощью преобразований Лоренца показали, что часы-путешественники *должны были отстать* от часов покоящихся на 184 наносекунды, а на самом деле отставание в выше приведенных обозначениях составило $t - t' = 203$ нс. Превышение фактического результата эксперимента над расчетным объяснили тем, что движение самолета по отношению к Земле, как подвижной системы отсчета относительно неподвижной, было все-таки не в полной мере прямолинейным и равномерным.

Не данными наблюдения или эксперимента, как в двух предыдущих случаях, а *теоретическим следствием, вытекающим из релятивистского замедления времени*, который в свое время вызывал наиболее многочисленные споры и недоразумения, является предложенный самим Эйнштейном так называемый «парадокс близнецов». Допустим, что этим близнецам по 25 лет, и один из них отправляется в космический полет, а другой остается на Земле. Если во время этого полета скорость космического корабля была близкой к скорости света c (например, $0,99c$), и вернулся он на Землю через 50 лет, то, согласно Эйнштейну, по часам этого корабля полет продолжался бы всего лишь около 7 лет. В результате при встрече оставшийся на Земле 75-летний близнец будет приветствовать своего 32-летнего брата. Подчеркнем, что «парадокс близнецов» – это реальный эффект: путешествующий близнец *стареет медленнее*, чем оставшийся на Земле его брат. Замедление времени позволяет нам вообразить заманчивую возможность путешествовать к далеким звездам. Если такое путешествие будет совершаться со скоростью, близкой к скорости света, то космонавты смогут преодолевать громадные расстояния за время, достаточно малое по сравнению со временем человеческой жизни. Именно поэтому «парадокс близнецов» является наиболее известной научно-популярной и художественной иллюстрацией к специальной теории относительности и по сей день. Однако эти фантазии являются абсолютно беспочвенными, потому что на самом деле «парадокс близнецов» не содержит никакого парадокса по одной простой причине – система отсчета, связанная с путешествующим космическим кораблем, *не является инерциальной*, поскольку *испытывает ускорение* вместе с этим кораблем при его повороте назад, к Земле, как к неподвижной системе отсчета.

По поводу практического доказательства *остальных* релятивистских эффектов можно добавить, что в литературе есть сведения об экспериментах с *элементарными частицами*, подтверждающие увеличение массы этих частиц с возрастанием их скорости. Так, в современных ускорителях *электрон*

разгоняется до скорости 0,9999999 с. С точки зрения наблюдателя его масса при этом должна увеличиться в 2 500 раз, но подтвердить данный результат расчета измерениями пока не удастся. Более того, по отношению к *макроскопическим телам* есть расчеты, показывающие, например, что нагрев тонны воды с нуля до 100°C увеличивает её вес приблизительно на 0,005 мг, поскольку, в полном соответствии с *молекулярно-кинетической теорией* (см. тему 1.5), возрастает скорость движения молекул воды. Но как вскипятить и взвесить с точностью до тысячной доли миллиграмма тонну воды?

Релятивистское правило сложения скоростей (а, следовательно, и второй постулат специальной теории относительности) также подтверждены как астрономическими наблюдениями, так и сугубо земными экспериментами. Так, в глубинах космоса существуют так называемые «*двойные звёзды*» – устойчивые системы, в которых две звезды с колоссальной, по земным меркам, скоростью вращаются вокруг общего центра их масс, уравнивая этим вращением свое взаимное притяжение (рис. 2.4). Согласно представлениям классической механики, свет от каждой из этих звезд приходил бы к нам со скоростями $c + V_A$ и $c - V_B$ (там же), что по расчетам, с учетом громадного расстояния до ближайшей системы двух звезд, составило бы по времени разницу в регистрации сигнала от обеих составляющих данной системы почти *в неделю (!)*. Однако, данные астрономических наблюдений за подобными космическими объектами *всегда показывают синхронность* сдвоенного сигнала, приходящего на Землю от двойных звезд, что соответствует релятивистскому, а не галилеевскому, правилу сложения скоростей и является подтверждением правоты постулата о постоянстве скорости света.

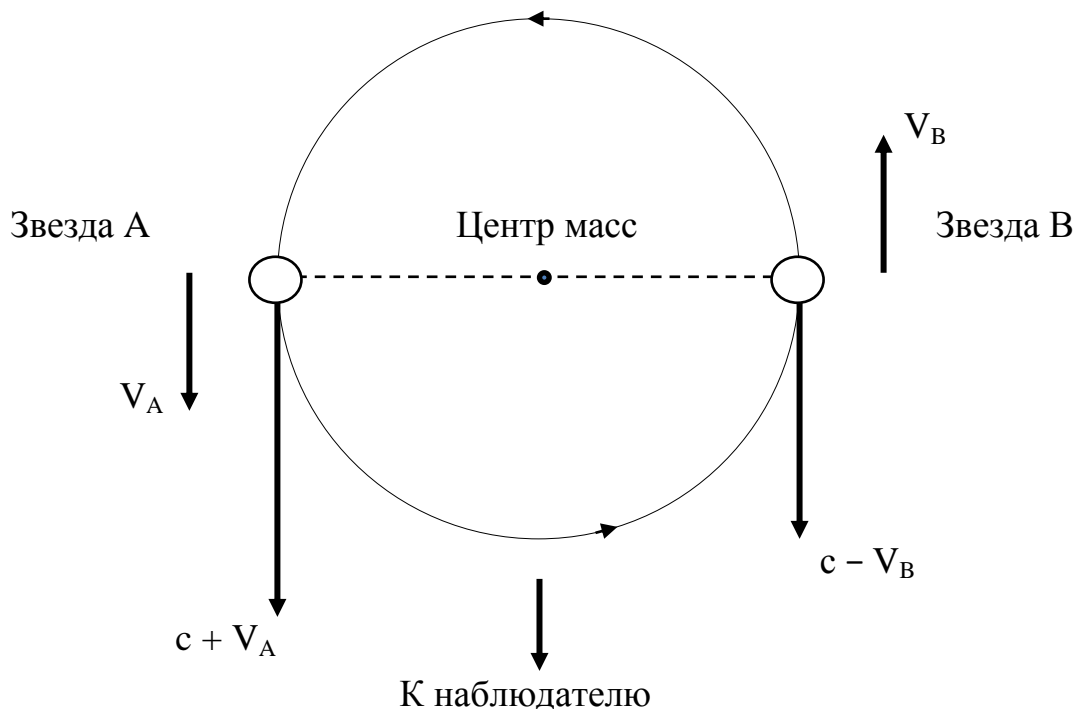


Рис. 2.4. Галилеевское сложение скоростей в системе двух звезд

В *земных* условиях данный постулат был подтвержден еще *до создания* специальной теории относительности опытом, который поставил французский физик Арман Физо. Он задался целью определить, с какой скоростью распространяется свет в *неподвижной* жидкости и в жидкости, протекающей с некоторой *скоростью* внутри стеклянной трубки. С помощью проведенных Физо тщательных измерений, далее многократно повторенных разными исследователями, было установлено, что скорость света в жидкости и скорость самой жидкости суммируются по релятивистскому правилу сложения скоростей (см. выше).

Хотя специальная теория относительности носит имя Альберта Эйнштейна, сам он всегда воздавал должное вкладу в её создание *других* ученых. Так, позже он напишет: «Я совершенно не понимаю, почему меня превозносят как создателя теории относительности. Не будь меня, через год это бы сделал Пуанкаре, через два года сделал бы Минковский, в конце концов, более половины в этом деле принадлежит Лоренцу. Мои заслуги преувеличены». Но коллеги – современники Эйнштейна (в частности, тот же Лоренц) – считали, что именно ему принадлежит заслуга создания *законченной, строгой и всеобщей теории*, столь революционно изменившей наши представления о пространстве и времени.

2.3. Общая теория относительности

Однако большинство современников Эйнштейна в отличие от Лоренца, с последним титулом специальной теории относительности – статусом «всеобщности» – были не согласны, как, кстати, и он сам, иначе не назвал бы её *специальной*, т.е. в чем-то неполной, ограниченной. Действительно, данная теория описывает представления о пространстве и времени по отношению к *инерциальным системам отсчета, которых на самом деле в природе не существует*, они выступают всего лишь *идеализированным объектом* исследования для специальной теории относительности (см. тему 1.2). Все приведенные в предыдущей теме экспериментальные и опытные подтверждения *правоты* данной теории были получены при условии выделения исследуемых, *будто бы инерциальных* систем с известной долей приближения. Так, подвижная система отсчета, связанная с *мюонами* (см. тему 2.2), двигалась в действительности непрямолинейно, поскольку не могут элементарные частицы перемещаться только по прямой. Расхождение результата эксперимента с самолетом и расчетной величины этого же результата прямо объясняется тем, что данный самолет и Земля на самом деле совокупностью инерциальных систем не являются (там же).

В реальном мире имеют место *неинерциальные системы отсчета*, в которых тела движутся друг относительно друга *ускоренно* или *замедленно*. Ускорение одному телу относительно другого сообщает *сила тяготения*

(гравитации), прямо пропорциональная их массам и обратно пропорциональная квадрату расстояния между этими телами (закон всемирного тяготения Ньютона). Поэтому в рамках дальнейшего развития представлений о пространстве и времени требовалось *«состыковать»* специальную теорию относительности Эйнштейна с классической теорией тяготения – динамикой Ньютона (см. тему 1.3) – и тем самым сделать первую не иллюзорной теорией, а *теорией, учитывающей главную движущую силу реального мира – силу тяготения*. Решение такой, по определению сложной задачи дополнительно затруднялось двумя моментами. С одной стороны, теории, которые надлежало свести в одну, были построены на **разных принципах передачи энергии (взаимодействия**, см. тему 1.6) – теория Ньютона, как известно, базировалась на принципе *дальнодействия*, а специальная теория относительности – на принципе *близкодействия* (второй постулат данной теории, см. тему 2.2). С другой стороны, динамика Ньютона, будучи, как тоже не раз отмечалось, строго *количественной* теорией тяготения, тем не менее, его *причину и природу не объясняла* (см. тему 1.2). Это отчетливо понимал и сам Ньютон. Известны его высказывания о *сомнительности* того же принципа дальнодействия, а именно, что одно тело *не может* действовать на другое на любом расстоянии, передавая это действие (тяготение) через пустоту, без какого-либо материального посредника. Существует своеобразное завещание Ньютона последующим поколениям с пожеланием выяснить, по каким же, **более научным и сложным, чем принцип дальнодействия, законам**, логично и доказуемо объясняющим причину и природу тяготения (см. выше) оно осуществляется. На момент создания специальной теории относительности это завещание создателя классической теории тяготения выполнено не было, поскольку первая хоть и *отменила* принцип дальнодействия (см. тему 2.2), но взамен ничего не предложила.

Сформулированную выше описанным образом проблему решил тот же Эйнштейн созданием *новой (неклассической) теории гравитации – общей теории относительности*. Сделал он это спустя 11 лет после создания предыдущей, специальной теории относительности, т.е. в 1916 году.

Формирование очередных, более новых и потому более сложных представлений о пространстве и времени шло по сценарию, схожему с описанным в предыдущей теме (табл. 2.1). Началось все опять с **новой интерпретации существующих научных фактов** с той лишь разницей, что при разработке специальной теории относительности таковым был факт *теоретический* (абсолютность пространства и времени, см. тему 2.2), а в процессе формирования общей теории относительности – факт *экспериментальный*, а именно, **равенство инерционной и гравитационной масс**. В классической механике существовали **два независимых** способа определения массы тела m . Первый – согласно второму закону динамики Ньютона $m = F/a$, где F – сила, **прилагаемая к телу**; a – ускорение, которое она сообщает ему. Здесь масса является **сопротивлением тела** приложенной

к нему силе, или мерой **инерции тела**, поэтому она называется **инерционной массой**. Второй способ – через закон всемирного тяготения того же Ньютона. В нем масса тела выступает в *другом качестве* – как **одновременно источник и объект воздействия другой силы F – силы тяготения или силы гравитации**. Согласно закону всемирного тяготения, масса любого тела, с одной стороны, создает такую силу, а с другой – сама испытывает воздействие сил тяготения (гравитации), индуцируемых другими телами. Отсюда – *другое* название этой массы – **гравитационная**.

Таблица 2.1

**Сопоставление содержания этапов создания
специальной и общей теорий относительности**

Этап создания	специальной теории относительности	общей теории относительности
От каких привычных (существующих) представлений отказалась создаваемая новая теория	Абсолютность пространства и времени	Геометрия Евклида
Какие постулаты легли в основу создаваемой теории	Принцип относительности Пуанкаре – Эйнштейна и принцип постоянства скорости света	Принцип локальной эквивалентности инерционной и гравитационной масс и обобщенный принцип относительности Эйнштейна
Какие более сложные представления создаваемая теория предложила взамен отвергнутых	Единое четырехмерное «пространство-время»	Геометрия Римана

Считалось, что **инерционная и гравитационная массы одного и того же тела** – это массы по сути своей **разные**. С одной стороны, это следовало из *теории*, поскольку инерционная масса как функция *зависит* от ускорения как от аргумента (см. выше), а гравитационная – *нет* (в формуле закона всемирного тяготения, как известно, ускорение как аргумент, не фигурирует). С другой стороны, то же самое подтверждали *практические результаты* опытов Галилея на «падающей башне» в Пизе, а именно, что поле тяготения сообщает телам *разной* (в данном, «галилеевском», случае, гравитационной) массы *одинаковое* ускорение, равное g (см. тему 1.2). Но при этом тот же Галилей, а вслед за ним и Ньютон экспериментально доказали, что **инерционная и гравитационная массы по величине практически равны** – по их данным инерционная масса тела превышает гравитационную массу этого же тела всего в 10^{-8} раз.

На протяжении более чем двух столетий после Ньютона физики неоднократно проверяли данный эмпирический факт. В итоге к началу 20 века точность количественного соотношения инерционной и гравитационной масс была увеличена до 10^{-12} (технически более совершенные и сложные

опыты венгерского физика Л. Этвеша), но при этом незыблемой оставалась *ньютоновская* трактовка данного экспериментального факта – равенство инерционной и гравитационной масс считалось *случайным совпадением*. Эйнштейн же дал этому факту иное объяснение – что *равенство инерционной и гравитационной масс есть свойство гравитационного поля (поля тяготения)*. Если снова прибегнуть к аналогии со становлением специальной теории относительности, то, как и в случае с отказом от абсолютности одновременности (см. тему 2.2), данное предположение привело к двум тоже необычным и революционно новым выводам:

- вводилось понятие «поля тяготения», т.е. имел место *отказ от принципа дальнего действия*, поскольку появлялся *посредник, реализующий гравитационное взаимодействие*, распространение которого подчинялось принципу постоянства скорости света специальной теории относительности (см. тему 2.2). Это ещё не выполнение «наказа» Ньютона потомкам (см. выше), но уже шаг в данном направлении;
- из равенства (*эквивалентности*) инерционной и гравитационной масс следовало, что *такими же эквивалентными, т.е. проявляющими себя одинаково*, должны были быть *механические эффекты, инициируемые этими массами – явления ускорения и гравитации соответственно* (см. выше). Иначе говоря, получалось, что *физика не знает средств, которые позволили бы отличить эти эффекты друг от друга*. Данное утверждение Эйнштейн иллюстрирует знаменитым мысленным примером с лифтом без окон – если тот движется, допустим, вверх с постоянным ускорением, то находящийся внутри лифта наблюдатель *не может определить, какая сила «прижимает» его к полу – сила инерции или сила тяготения*.

Второй из выше приведенных выводов получил сначала название *принципа локальной эквивалентности инерционной и гравитационной масс* (сокращенное название – *принцип эквивалентности*), а затем – статус *первого* постулата общей теории относительности (см. табл. 2.1), справедливого при двух допущениях. Во-первых, по Эйнштейну, инерционная и гравитационная массы тела являются эквивалентными только в области пространства *малой* протяженности, где силу тяготения можно считать *постоянной* – отсюда прилагательное «*локальный*» в названии данного принципа. Во-вторых, этот же принцип справедлив согласно результатам опытов Галилея (см. выше) только для случая *равноускоренного* движения одного тела относительно другого. Если с данными телами связать обычные декартовы системы координат (рис. 2.5), то получается, что в этих, уже *неинерциальных* системах отсчета данные явления протекают *одинаково*, и сила инерции, создаваемая телом массой m' , которое с постоянным ускорением a (см. рис. 2.5) движется относительно тела массой m вдоль оси x (там же), *эквивалентна* силе тяготения, создаваемой этими телами в неподвижной системе отсчета x, y, z (снова см. рис. 2.5). На основании этого Эйнштейн делает ещё один оригиналь-

ный вывод – *силу тяготения можно «создать» или «уничтожить»* просто *переходом* в систему отсчета x', y', z' (там же), движущуюся с ускорением относительно первой. Доказывает он это новой, тоже мысленно представляемой ситуацией для того же хрестоматийного лифта (см. выше) – если последний будет *свободно падать с ускорением g* , то наблюдатель в этом лифте будет находиться в *локальном*, т.е. ограниченном объеме лифта пространстве, *лишенном поля тяготения*, или, что в соответствии с принципом эквивалентности то же самое, в состоянии *невесомости*. Недаром впоследствии данный принцип Эйнштейн называл счастливейшей мыслью в своей жизни.

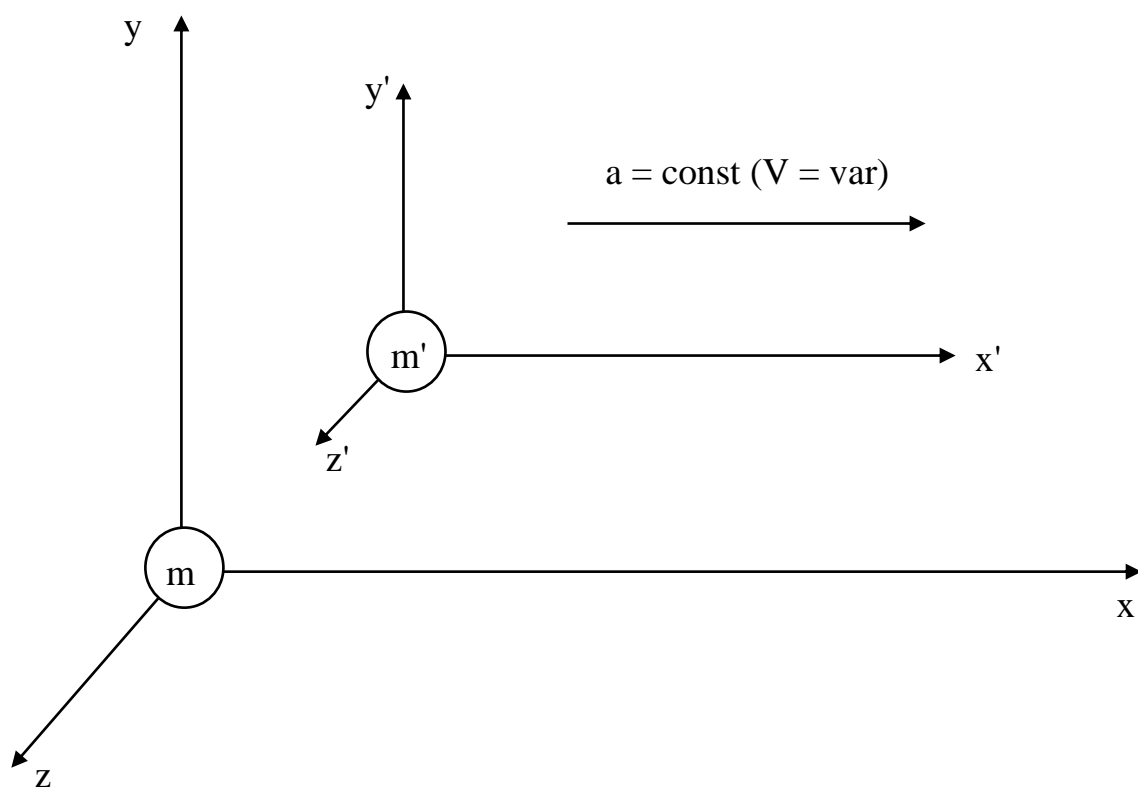


Рис. 2.5. *Неинерциальные системы отсчета*

Еще одним аргументом в пользу столь высокой ценности первого постулата будущей общей теории относительности (см. табл. 2.1) является тот факт, что эквивалентность, существующую между ускорением и гравитацией, которая справедлива только для *механических явлений*, Эйнштейн посчитал возможным *распространить вообще на любые физические явления* в виде *второго* постулата этой же теории – *обобщенного принципа относительности* (там же), названного, естественно, уже только его именем. Если опять, из соображений наглядности факта подтверждения правоты принципа соответствия Бора, как это было сделано по отношению ко второй (Пуанкаре – Эйнштейна) редакции принципа относительности в теме 2.2, *третью, наиболее расширительную* (см. выше) редакцию этого

принципа тоже дать в одинаковых выражениях, то она будет такой – любые физические явления (не только известные к настоящему моменту времени – началу 20 века – механические и электромагнитные, но также и те, которые только *будут* открыты) *протекают одинаково* в движущихся равноускоренно (неинерциальных) системах отсчета.

А как же быть со *второй* версией нового принципа относительности (про инвариантность преобразований), ведь две предыдущие его редакции – Галилея (см. тему 2.1) и Пуанкаре – Эйнштейна (см. тему 2.2) – *её имели?* Более того, без этой версии *не обойтись*, поскольку преобразования Галилея и Лоренца к которым были, как указывалось там же, инвариантны законы соответствующих теорий (классической механики и электродинамики), представляли собой часть *математического аппарата создаваемой новой теории* – специальной теории относительности. Следующую теорию относительности – общую – теорией пока что назвать было нельзя, поскольку представлена она была только двумя *словесными* постулатами (см. табл. 2.1). Чтобы сделать общую теорию относительности *научной, т.е. математической*, Эйнштейну необходимо было дать *новую, ещё более сложную* в математическом же контексте трактовку пространства и времени, так, как это сделал Г. Минковский 11 лет назад по отношению к специальной теории относительности. Такую задачу Эйнштейн решил, предположив, что *реальное*, а не только однородное, для которого, согласно Галилею, $a = \text{const}$ (см. рис. 2.5), гравитационное поле будет эквивалентно произвольно ускоряющимся тоже *реальным, т.е. любым* подвижным системам отсчета только в том случае, если *пространство* – часть четырехмерного континуума Минковского – *будет не псевдоевклидовым* (см. тему 2.2), *а неевклидовым, или искривленным*. Снова для наглядности проводим аналогию между ходом размышлений Эйнштейна при создании им сначала специальной, а затем общей теорий относительности – отличие лишь в том, что в абсолютности одновременности Эйнштейн *усомнился сам* (также смотри тему 2.2), а вот догадки о том, что пространство – это *далеко не такая простая и не столь очевидная научная категория*, какой она на протяжении более чем двух тысяч лет выглядела в свете геометрии Евклида, появились *до него*, а точнее – в 19 веке.

Геометрия Евклида была *первой количественной теорией физического пространства*, но так же, как и, например, динамика Аристотеля (см. тему 1.3), *не в полном смысле научной*, поскольку, как и последняя, тоже не имела математического аппарата. *Её убедительность и достаточность ниоткуда не следовала и никем никогда не была доказана*, подчеркнем, *точно так же, как и абсолютность одновременности* (см. тему. 2.2). Налицо рассматривавшаяся в предыдущей теме проблема *наглядности* научных представлений, когда, перефразируя народную мудрость, простота (в нашем случае, очевидность и здравый смысл) оказывается хуже воровства. Те, кто на этот здравый смысл опирался, считали геометрию Евклида *абсолютной*

истиной знаний о пространстве, к которой уже нельзя ничего добавить, как в равной степени, и чего-то отнять – именно так полагал, например, великий немецкий философ И. Кант. Но для математиков, в отличие от философов, *очевидность и здравый смысл*, как известно, **не аргументы**, поэтому, начиная с античных времен, именно они пытались **математически строго доказать** (или опровергнуть) аксиомы (постулаты) геометрии Евклида, т.е., говоря языком научного метода, верифицировать (или, соответственно, фальсифицировать) их как гипотезы (см. рис. 1.5).

Эти попытки математиков *научно*, т.е. **теоретически и численно** описать физическое пространство как это уже не раз бывало в истории науки, в очередной раз привели к, казалось бы, фантастическому и совершенно невозможному в реальности результату – *трехмерное пространство Евклида не может быть плоским, оно является искривленным*. Ситуация схожа с «ультрафиолетовой катастрофой» (см. тему 1.4), с той лишь разницей, что там невероятный вывод следовал из *практических* результатов, а в данном случае – из *теоретических*.

Умозрительно искривленное пространство можно представить как знакомую всем декартову систему координат, у которой *все три* координатные плоскости *изогнуты* так, как мы, например, изгибаем лист бумаги, собираясь свернуть его в трубку определенного радиуса R . **Численно кривизна** K такой изогнутой плоскости – *это величина, обратная радиусу изгиба R* . Кратчайшее расстояние между двумя точками данной плоскости будет уже не прямой, а тоже изогнутой или *геодезической* линией. Первым геометрию такого пространства, получившую название **неевклидовой**, разработал в начале 19 века выдающийся немецкий математик Карл Фридрих Гаусс, но ни одной работы по этой геометрии не опубликовал. Историки математики объясняют это не только парадоксальностью полученных выводов (см. выше), но и авторитетом существовавшей, евклидовой геометрии.

Слава создателя неевклидовой геометрии принадлежит великому русскому математику Николаю Ивановичу Лобачевскому, который не только опубликовал в 1826 г. свои работы, но и распространил её представления с *двумерного* пространства Гаусса (поверхности сферы) на искривленное пространство с *тремя* измерениями, т.е. на её объем. Независимо от Лобачевского и несколько позднее аналогичные результаты получил венгерский математик Янош Больяи, поэтому геометрию Лобачевского иногда называют геометрией Лобачевского – Больяи.

Завершил формирование неевклидовой геометрии в 1868 г. самый великий из учеников Гаусса, немецкий математик Бернхард Риман. Он распространил её на искривленное пространство с *любым произвольным* числом измерений, показав тем самым единство и непротиворечивость двух предыдущих, более простых неевклидовых геометрий – Гаусса и Лобачевского – Больяи (опять принцип соответствия, см. тему 1.3). Согласно этому же принципу Риман доказал, что частным случаем *всех* неевклидо-

вых геометрий является геометрия Евклида. Но наиболее выдающиеся догадки Римана, предопределившие использование в будущем именно его представлений Эйнштейном (см. табл. 2.1) заключались в следующем. С одной стороны, он высказал мысль о том, что *свойства пространства могут меняться от точки к точке, т.е. оно неоднородно* (напомним, что не только классическая механика, но и специальная теория относительности стояли на принципиально иной позиции – *однородности пространства*). Риман разработал математический аппарат, позволяющий *описать каждую точку пространства* с учетом его кривизны K (см. выше) и других свойств в этой точке. Совокупность всех этих учитываемых свойств он объединил понятием *тензора* (лат. *tensus* – напряженный). Чем *более сложно* («напряженно») не только в плане максимальной кривизны, но и других своих качеств выглядит пространство в данной точке, тем больше компонентов, как численных характеристик этих качеств, включает тензор этой точки. Минимальное число этих компонентов и такая же минимальная по «напряженности» величина тензора, равная единице, соответствуют, по Риману, евклидовой геометрии. Именно понятие тензора Эйнштейн, как будет показано ниже, использовал для математически строгого описания напряженности гравитационного поля. С другой стороны, Риман до Эйнштейна, совместно с ирландским математиком Уильямом Клиффордом высказал предположение, что *свойства физического пространства должны зависеть от происходящих в нем физических же явлений, и, в частности, кривизна пространства, возможно, обусловлена гравитационными эффектами*. Как тоже будет показано далее, эта гипотеза математиков Римана и Клиффорда предвосхитила общую теорию относительности физика Эйнштейна. В очередной раз наука продемонстрировала, что в ней ничего не бывает без предшественников.

Пока же, во второй половине 19 века, работы по неевклидовой геометрии не вызвали интереса ни у физиков, ни у математиков. Здесь опять уместно провести аналогию с квантовой гипотезой (см. тему 1.4), которую вначале тоже сочли просто «фокусом аппроксимации». И лишь когда в 1912-1915 гг. к ним, по совету своего друга Гроссмана, обратился работающий над общей теорией относительности Эйнштейн, математический аппарат и идеи неевклидовой геометрии дождались своего часа.

Последнее, поскольку оно соответствует *сегодняшним* взглядам, усложнение представлений о пространстве и времени в рамках общей теории относительности Эйнштейна заключалось в следующем. *Четырехмерное «пространство-время» Минковского объявлялось связанным с присутствующими в нём массами*, вследствие чего у него обнаруживались *новые качества – вблизи этих масс пространство становилось искривленным, а время замедлялось*. Для сравнения напомним, что в специальной теории относительности пространство и время считались зависящими только от скорости движения тел. В общей же теории относительности *пространство и*

время зависят не только от движения наблюдателя, но еще и от присутствия объектов, имеющих массу – на наличие таких объектов пространство-время реагирует своим искривлением-замедлением.

Далее. Массы в пространственно-временном континууме распределены, по определению **неравномерно**, следовательно пространство можно считать формируемым бесконечно большой совокупностью *материальных точек* (понятие, позаимствованное Эйнштейном у Ньютона, см. тему 1.3) **разной** массы, в силу чего величина искривления пространства (его кривизна K , см. выше) и степень замедления времени в **каждой** точке-событии данного континуума (см. тему 2.2) будут **разными** – пространство и время становятся **неоднородными**, точнее, **неодинаковыми** в зависимости от определяющих их *различных* гравитационных условий. Опять же отметим – **однородными** пространство и время считали все предшественники Эйнштейна (см. тему 2.1), да сначала и он сам (см. тему 2.2).

Если Ньютону для формулирования законов классической механики пришлось, совместно с Лейбницем, *создавать* дифференциальное и интегральное счисление (см. тему 1.3), то для решения такой же задачи в рамках общей теории относительности Эйнштейн воспользовался *имеющимся* математическим аппаратом **наиболее сложной** из неевклидовых геометрий – геометрии Римана (см. табл. 2.1). Но это было не просто механическое заимствование. Во-первых, Эйнштейн распространил данную геометрию на *весь* пространственно-временной континуум (напомним, что все неевклидовы геометрии описывали *только* пространство, время они не рассматривали, см. выше). Во-вторых, в *абстрактное математическое* толкование этого четырехмерного континуума он вложил **конкретный физический смысл** – **искривление-замедление пространства-времени есть проявление гравитации** (здесь опять полная аналогия с приданием *подобного* смысла *другой* абстракции – преобразованиям Лоренца, см. тему 2.2). С одной стороны, это означало, что *структура* пространства-времени определяется *распределением в нём масс и их скоростей*. Это пространство-время существует *не само по себе*, а только как *структурное следствие гравитационного поля*. Когда корреспондент американской газеты «Нью-Йорк Таймс» спросил Эйнштейна в апреле 1921 г., в чем суть его общей теории относительности, он ответил: «Она такова: раньше считали, что если бы каким-нибудь чудом все материальные вещи вдруг исчезли, то пространство и время остались бы. Согласно же моей теории вместе с вещами исчезли бы и пространство, и время».

С другой стороны, непонятная даже своему первооткрывателю гравитация (см. слова Ньютона в начале данной темы) впервые получила логичную и конкретную *интерпретацию* (еще и проблема наглядности физических представлений, см. тему 2.2). Столь же коротко и понятно, как приведенный выше ответ Эйнштейна корреспонденту газеты, этот результат общей теории относительности можно сформулировать так – **геомет-**

ризация тяготения с помощью геометрии Римана. При этом следует понимать, что не раз уже упоминавшийся выше «наказ» Ньютона потомкам по-прежнему остался невыполненным – **причин возникновения гравитации и её природу** общая теория относительности **не объяснила**. Тем не менее, выдающимся результатом данной теории стал разработанный Эйнштейном эффективный **метод анализа** явления гравитации.

Цель данного анализа – дать строгое математическое описание **движения** в искривленно-замедленном и неоднородном пространственно-временном континууме **обоих** видов материи – **вещества и поля**. Эйнштейн нашел решение этой задачи в виде системы из 20 (!) уравнений, каждое из которых, согласно тензорному анализу Римана (см. выше), описывает зависимость пространственно-временных координат движущегося материального объекта **в каждой точке-событии**, как функций соответствующих аргументов – тех или иных **компонентов тензора** этой точки-события. Такими компонентами являются, к примеру, поток массы, энергия, импульс (для вещества) и др. Данная система получила название **общего уравнения гравитационного поля**. Если в ней в качестве **единственного** компонента тензора каждой точки-события учесть только **поток массы**, то общее уравнение гравитационного поля Эйнштейна **вырождается** в закон **всемирного тяготения Ньютона** – еще один пример выполнения принципа соответствия (см. тему 1.3).

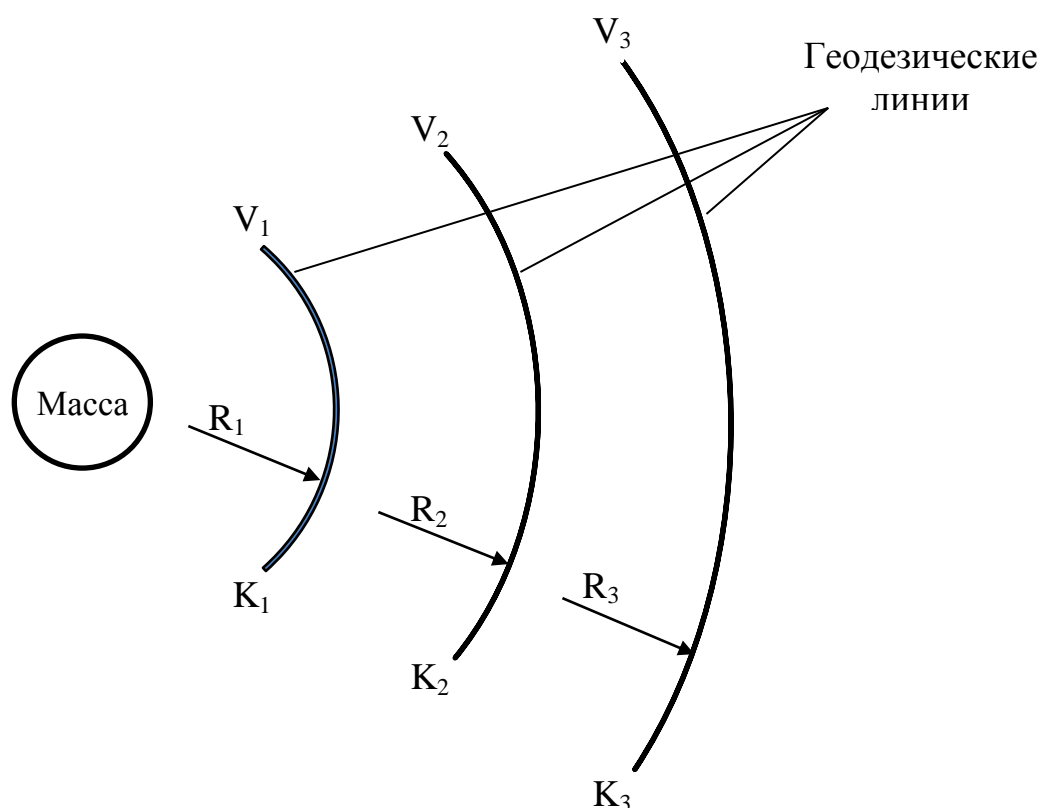


Рис. 2.6. Графическая интерпретация движения материального объекта в гравитационном поле

Графическая интерпретация движения материальной точки или луча света в искривленном пространстве (только!) в соответствии с общим уравнением гравитационного поля Эйнштейна выглядит так (рис. 2.6). Создаваемое *любой* массой гравитационное поле зримо можно представить в виде совокупности искривленных данной массой *геодезических линий* (см. выше), как **силовых** линий данного поля. Силовых – потому что кривизна пространства в каждой точке гравитационного поля является критерием его «напряженности» в этой точке (или компонентом её *тензора*, также см. выше). Чем *ближе* к источнику гравитации (массе) расположена геодезическая линия, тем *бóльшую*, но **одинаковую** для всех лежащих на ней точек «напряженность» поля тяготения она имеет, и, как следствие, тем *сильнее* искривлена. В силу этого для показанных на рис. 2.6 геодезических линий соотношения между их радиусом R и обратной ему кривизной K будут следующими:

$$R_1 < R_2 < R_3 \quad \text{и} \quad K_1 > K_2 > K_3 \quad .$$

Свойством геодезических линий считается, что между двумя любыми соседними из них можно провести **сколь угодно большое** количество новых геодезических линий – так постулируется *непрерывность* гравитационного поля. Данное поле можно уподобить такой же, как число геодезических линий, бесконечно большой совокупности N вертикальных жалюзи, у которых закреплены оба конца. Массы **изгибают** геодезические линии точно так же, как предмет конкретного горизонтального размера **изгибает** эти жалюзи, «протискиваясь» сквозь них. Чем *больше* масса (горизонтальный размер предмета), тем *меньше* радиусы $R_1, R_2, R_3, \dots R_N$ и *больше* кривизна $K_1, K_2, K_3, \dots K_N$ изгибаемых данной массой (данном предметом) геодезических линий (вертикальных жалюзи) числом N .

В контексте графической интерпретации, показанной на рис. 2.6, можно добавить, что для *плоского пространства Евклида* (см. тему 2.1) и для *псевдоевклидова пространства Минковского* (см. тему 2.2) будут справедливы соотношения:

$$R_1 = R_2 = R_3 = \infty \quad \text{и} \quad K_1 = K_2 = K_3 = 0,$$

поскольку данные пространства от движения в них материальных объектов *не зависят* (там же), в силу чего их геодезические линии являются *прямыми*.

В искривленном же пространстве Эйнштейна подобная зависимость выражается следующим образом. Для *любой* геодезической линии, как линии *постоянного* радиуса R и потому *постоянной* кривизны K движение материальной точки по ней рассматривается как *равномерное* движение по поверхности сферы. Это означает, что для *совокупности* геодезических линий, показанных на рис. 2.6, выполняется условие:

$$V_1 \neq V_2 \neq V_3 = \text{const},$$

или, если вспомнить, что ускорение a – это производная по времени от скорости V , то для каждой *отдельно взятой* геодезической линии:

$$a_1 = a_2 = a_3 = 0 \quad .$$

Из последнего выражения следует, что двигаясь **равномерно по геодезической линии**, материальная точка (вещественное тело) движется вместе с подвижной системой отсчета. x' , y' , z' как с одной из *инерциальных* систем отсчета (см. рис. 2.1). Здесь только надо уточнить, что данная система является *не совсем* инерциальной, поскольку геодезическая линия – это все же не прямая (ось x' на рис. 2.1). Тем не менее, если в общем уравнении гравитационного поля ускорение положить равным нулю и тем самым не учитывать силу тяготения, оно **вырождается** в совокупность уравнений специальной теории относительности (опять принцип соответствия, см. тему 1.3).

Еще одно свойство геодезической линии – *обратная зависимость* между её кривизной K и скоростью V равномерного движения по ней, что, в соответствии с рис. 2.6, означает:

$$V_1 < V_2 < V_3$$

и полностью согласуется с законами Кеплера. Так, *эллиптические орбиты* планет и спутников, обращающихся вокруг своих центров тяготения как одного из двух фокусов этого эллипса (первый закон Кеплера), образованы совокупностью геодезических линий **разной** кривизны (уточнение общей теории относительности). Двигаясь по такой «сборной» орбите, небесное тело пребывает в невесомости, поскольку на *каждом* её участке притяжение этого тела центром тяготения компенсировано разгоном первого вокруг второго (уже Ньютон!), инициированного как раз *изменением кривизны* орбиты движущегося тела. Для каждого участка этой орбиты площадь, «заметаемая» радиусом *одной* величины, **всегда равна** площади, «заметаемой» радиусом *другой* величины (второй закон Кеплера). Согласно этому закону, на участке эллипса малого радиуса (большой кривизны) скорость движения тела меньше, чем на участке бóльшего радиуса (меньшей кривизны), что соответствует как данным наблюдений Кеплера, так и выше приведенным геометрическим соотношениям для геодезических линий. Более того, при дальнейшем уменьшении K и, как следствие, увеличении V *замкнутая* совокупность геодезических линий (эллипс) вообще «разрывается» в **незамкнутую** – сначала в параболу, а затем в гиперболу (по Ньютону, соответственно, вторая и третья космическая скорости движения тела по ним). Таким образом, общая теория относительности учитывает как *воздействие материи на пространство* (посредством тяготения, сообщаемого последнему кривизну величиной K), так и *влияние* этого искривленного пространства на движение в нем тел (посредством придания им скорости V и траектории, соответствующей кривизне K геодезической линии). Выдающийся современный физик, американец Джон Уилер так

лаконично и образно выразил эту важнейшую суть общей теории относительности – *масса управляет пространством, говоря ему, как изгибаться, а пространство управляет массой, говоря ей, как двигаться.*

Из всего выше сказанного следует, что для света, как вида материи исходно не обладающего массой покоя, *распространение в искривленном пространстве возможно только по геодезическим линиям, т.е. всегда непрямолинейно.* Вещественные же тела в качестве *стопроцентно реального* и потому *наиболее представительного* варианта своего движения в искривленном пространстве имеют случай движения с *произвольно меняющимся* ускорением, когда *тело пересекает* сколь угодно большое число геодезических линий любой кривизны и в каком угодно порядке. Согласно рис. 2.6, это соответствует условию:

$$a_1 \neq a_2 \neq a_3 = \text{var}$$

и, как следствие, *постоянному во времени* воздействию на движущееся тело *переменной по величине* (см. выше приведенное условие) *силы гравитации.* Такой *наиболее общий случай реального движения* вещественных тел и соответствует общему же уравнению гравитационного поля Эйнштейна.

Исследуя данное уравнение он (Эйнштейн) приходит к выводу о существовании *гравитационных волн*, которые распространяются (передают силу тяготения из одного места в другое, т.е. *реализуют гравитационное излучение*) со скоростью света. Интенсивность такого излучения (кривизна K геодезической линии гравитационного поля, см. рис. 2.6, *перемещающейся в виде гравитационной волны*) тем выше, чем больше масштаб генерировавшего его космического катаклизма вроде столкновения очень массивных объектов. Это столкновение порождает возмущения пространства-времени, которые и распространяются в виде гравитационных волн во все стороны от места их зарождения. Сделанные Эйнштейном расчеты показали, что гравитационное излучение от существовавших тогда, в 1915 году, лабораторных генераторов или от известных к этому же моменту времени астрофизических объектов настолько слабое, что зарегистрировать его попросту нереально ни сейчас, ни в ближайшем будущем. С такой его подачи долго считалось, что в *земных условиях* гравитационные волны, как и кривизну околоземного пространства, *зафиксировать и измерить нельзя* в силу их бесконечно малой слабости и величины соответственно. Так, кривизну земного шара мы можем *зримо* увидеть только при его съемке со спутника, а это расстояние в 200 и более км. А околоземное пространство, согласно расчетам, имеет кривизну в миллиард (!) раз меньше, чем кривизна Земли. В итоге, *живя в кривом, по определению, мире, мы его таковым не ощущаем*, точно так же, как и нашу двойную вещественно-полевою сущность (см. тему 1.4). Налицо опять проблема *наглядности* научных представлений (см. тему 2.2) и известное её решение – искать подтверждение этих кажущихся невероятными представлений в *другой об-*

ласти организации материи, а именно, в глубинах *дальнего*, а не околоземного космоса, где наличие *гораздо больших* гравитационных масс все же позволит сделать эти представления тоже зримыми.

Именно так и было сделано, но с одним отличием от экспериментального подтверждения той же, например, специальной теории относительности (см. тему 2.2) – Эйнштейн сначала *вывел **теоретические следствия*** из общей теории относительности, причем именно, для условий Солнечной системы, как наиболее доступной в плане *возможности* их подтверждения результатами наблюдений, *а затем эти следствия **были подтверждены*** либо имеющимися, либо специально полученными данными подобного рода. Таких доказанных практически теоретических следствий *три*:

- смещение (прецессия) перигелия Меркурия;
- искривление светового луча в поле тяготения Солнца;
- гравитационное красное смещение.

Суть *первого следствия* заключалась в том, что, согласно общей теории относительности, орбитами планет Солнечной системы являются не эллипсы Кеплера (см. выше), а более сложные кривые, получаемые наложением двух движений – по эллипсу и вращением, точнее поворотом, эллипса целиком вокруг своей большой оси. В итоге орбиты планет оказываются *незамкнутыми*, поскольку получается, что последние движутся не по плоской, а по *пространственной* кривой и никогда не приходят снова в ту точку своей траектории, которую прошли. В этом можно убедиться, если постоянно наблюдать и контролировать положение одной и той же точки орбиты планеты. Если эта орбита действительно пространственная кривая, как утверждает общая теория относительности, то она со временем должна *менять* свое положение, т.е. *смещаться (прецессировать)*. В астрономическом смысле латинское слово *praecessio* – *предшествование* как раз и означает приход небесного тела в *одну и ту же* точку своей орбиты *немного **раньше***, чем в *предыдущий раз* именно из-за поворота плоскости этой орбиты вокруг своей оси. Наиболее удобной для астрономических наблюдений такой точкой является *перигелий* – ближайшая к Солнцу точка орбиты небесного тела. И действительно, начиная с 1859 г., подобный эффект надежно наблюдался астрономами, но только для одной планеты – Меркурия. Была очень точно измерена скорость прецессии перигелия Меркурия – за сто лет его орбита поворачивается вокруг своей большой оси на 43,11 угловых секунд.

С позиций классической теории тяготения Ньютона данный факт можно было объяснить только тем, что между Солнцем и Меркурием находится какая-то ещё не обнаруженная планета, которая своей гравитацией и вызывает подобное искажение орбиты последнего. Эту планету искали много лет, даже заранее назвали Вулканом, но так и не нашли. Тогда предположили, что не точен сам закон всемирного тяготения, но за более

чем полтора века динамика Ньютона не имела *ни одного случая*, чтобы результаты её расчетов расходились с практикой. В итоге прецессия перигелия Меркурия точно так же как спустя несколько десятилетий, и явление фотоэффекта (см. тему 1.4), «повисла» необъясненной.

Используя уже не чужую квантовую гипотезу (там же), а собственную теорию, Эйнштейн показал, что возмущение в движение Меркурия вносит гравитационное поле Солнца. Прецессии перигелия других, более далеко расположенных от него планет Солнечной системы не обнаружено потому, что поле тяготения нашей звезды относительно маломощное. Для Меркурия же по расчетам с помощью общей теории относительности прецессия перигелия составляет 43,03 угловых секунд – *совпадение теоретических и практических результатов просто потрясающее!* Именно поэтому биографы Эйнштейна называют объяснение им поворота орбиты Меркурия самым сильным эмоциональным событием за всю его научную жизнь, а быть может, и за всю жизнь вообще.

Если данное объяснение является распространением выводов общей теории относительности на *поведение тел*, то следующие два следствия (см. выше) касаются *оптических явлений*. О первом из них уже говорилось ранее – поскольку свет может распространяться *только по геодезическим линиям* гравитационного поля, его путь будет однозначно этим полем искривлен. Для наиболее близких к Солнцу звезд Эйнштейн подсчитал, что отклонение им идущего от них света должно составлять всего 1,75 угловых секунд – всего, потому что по космическим меркам наше Солнце – звезда небольшая, если не сказать просто маленькая. Как *практически проверить* результат такого расчета? Надо сравнить контролируемое земным наблюдателем Н (рис. 2.7) положение конкретной звезды З (там же) в двух ситуациях – когда между нею и наблюдателем располагается Солнце, и свет идет по кривой З–Н (снова см. рис. 2.7), а также, когда Солнца между субъектом и объектом наблюдения нет, и свет идет прямо (линия З'–Н, там же). Зафиксировать момент нахождения Солнца *строго* между наблюдателем и звездой можно, если таковой считать ближайшую к нашему светилу звезду во время полного солнечного затмения. Тогда обычный ночной снимок этой же звезды будет соответствовать времени, когда Солнце находится *далеко* от неё. Это и было сделано двумя специальными экспедициями в годы полных солнечных затмений – 1919 и 1922. Фотографируя изображения звезд *рядом* с закрытым Луной солнечным диском и сравнивая полученные кадры с *ночными* снимками того же участка звездного неба, они установили, что на снимках с затмением звезды сдвинуты от края этого диска на 1,61 – 1,98 угловых секунд по сравнению с их ночными положениями. Таким образом, само небо подтвердило правоту общей теории относительности Эйнштейна. Сам же он отреагировал на это комментарием, что был бы очень удивлен, если бы результат оказался иным.

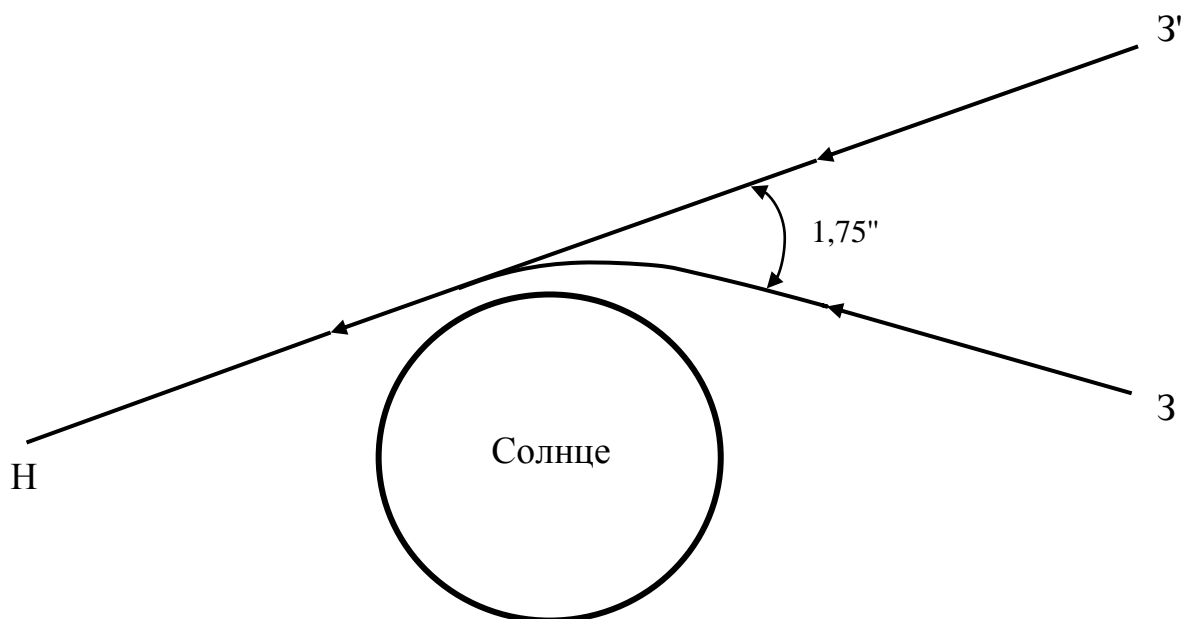


Рис. 2.7. *Отклонение луча света гравитационным полем Солнца*

Эффект *гравитационного красного смещения* был предсказан Эйнштейном еще в 1907 г. и заключался в следующем. Чтобы свет, излучаемый звездой, мог её покинуть, он должен преодолеть сопротивление поля тяготения этой звезды. На совершение такой работы кванты света (фотоны) затрачивают часть своей энергии, которая прямо пропорциональна частоте светового излучения (см. тему 1.5). Потеря энергии ведет к уменьшению частоты света ν , покидающего звезду и, как следствие, к увеличению периода его колебаний T (рис. 2.8). Синусоида этих колебаний «растягивается» до тех пор, пока гравитация, ослабевающая, согласно Ньютону, с увеличением расстояния r от поверхности звезды в $1/r^2$ раз, не перестанет сказываться на частоте (энергии) фотона. При преодолении же поля тяготения фотон, по мере удаления от звезды, *теряет* энергию, в результате чего его частота ν перемещается в длинноволновую, «красную» часть спектра электромагнитного излучения, то есть *уменьшается*. С уменьшением ν (при увеличении T , см. рис. 2.8) убывает и число регистрируемых в единицу времени (например, за одну секунду) волновых максимумов (там же). Если их временное следование считать за «тикание» часов, то получается, что в поле тяготения это «тикание» *совершается реже, медленнее*, в силу чего *гравитационное красное смещение можно трактовать как эквивалент замедления времени*.

Первая проверка эффекта гравитационного красного смещения была осуществлена в 1923-1926 гг. *наблюдениями за спектрами излучения двух звезд*, значительно различающихся размерами, а, следовательно, и мощностью поля тяготения – Солнца и Сириуса (диаметр последнего почти в два раза больше, чем у нашего светила). Было установлено, что частота ν ви-

димого света, испускаемого звездами, действительно уменьшается по мере достижения им Земли. Относительное, т.е. *сопоставимое* уменьшение этой частоты составило по результатам наблюдения для Солнца $\Delta\nu/\nu = 2,5 \cdot 10^{-15}$, а для Сириуса $\Delta\nu/\nu = 5,9 \cdot 10^{-5}$, что соответствует соотношению мощностей полей тяготения данных звезд (см. выше) и с точностью до 10 % совпадает со значениями, предсказанными общей теорией относительности.

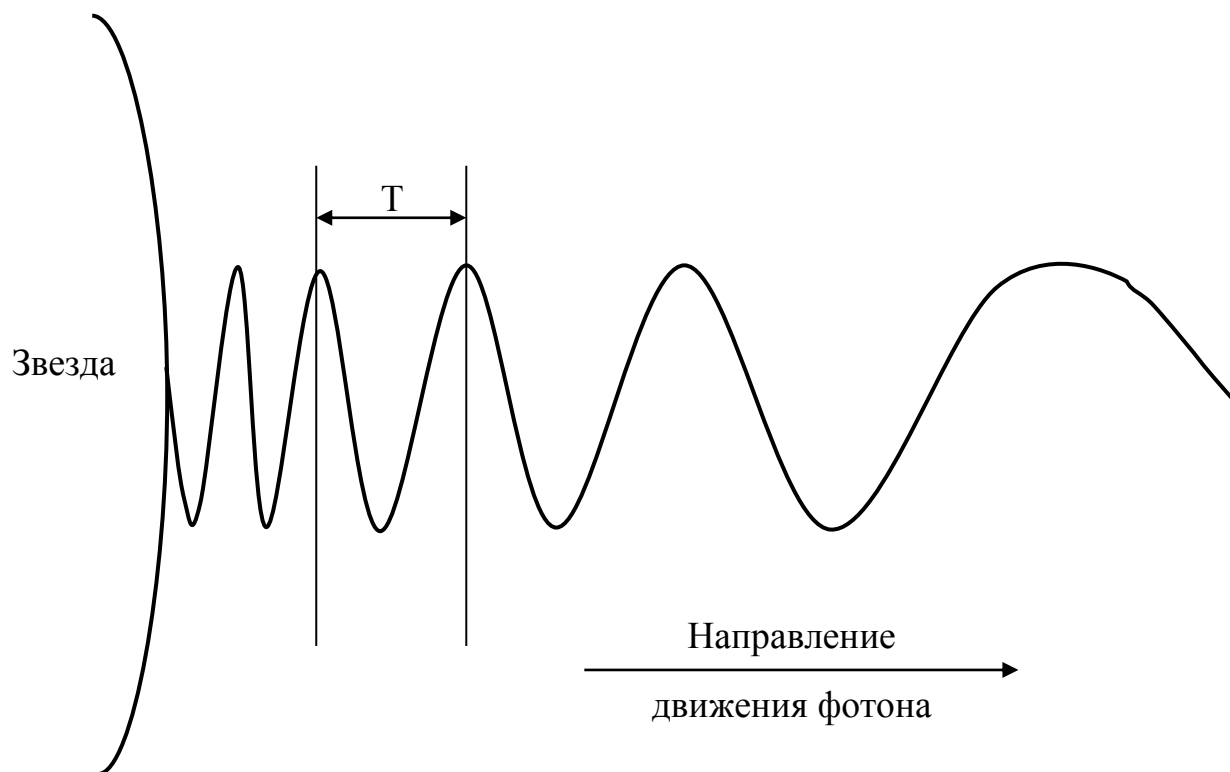


Рис. 2.8. Уменьшение энергии фотона, покидающего звезду

Существуют и более поздние данные проверки этого эффекта. Так, после появления первых лазеров в 1960 г. американскими физиками Р. Паундом и Дж. Ребки был экспериментально проверен результат расчета с помощью общей теории относительности замедления времени гравитационным полем *Земли*. Луч лазера *одной и той же частоты* направлялся вертикально *вверх* и вертикально *вниз*. Предполагалось, что в *первом* случае тяготение Земли «сдвинет» частоту луча в «красную» сторону, а во *втором* – в «голубую». Эффект подобен уменьшению скорости камня (критерия его энергии!), брошенного вверх, и её увеличению при его падении вниз. Измеряя сдвиг частоты излучения лазера в обоих направлениях, они получили результаты, *совпадающие с расчетами Эйнштейна с точностью до 1 %*. Было точно установлено, что земная гравитация замедляет естественный ход часов на одну секунду за 50 лет! Описанный в предыдущей теме эксперимент 1971 г. с самолетом также имел целью подтвердить эффект замедления времени не только из-за движения двух часов друг относительно друга (см. тему 2.2), но и за счет влияния земного тяготения.

Для этого измеряли ход часов в самолетах, летящих на *разной* высоте над Землей – 10 и 20 км соответственно. Из общей теории относительности следовало, что в *более высоко летящем самолете* часы должны были идти *быстрее* часов в самолете, летящем *ниже*, а те, в свою очередь, *опережать* часы, находящиеся на Земле. Именно это удалось подтвердить сопоставлением хода указанных часов. В 80-е годы данные, переданные спускаемыми на Луну аппаратами, также подтвердили тот факт, что *одни и те же часы на Луне идут быстрее, чем на Земле*, поскольку лунное гравитационное поле в 6 раз слабее земного.

Все приведенные результаты – это *практическое* подтверждение справедливости *теоретических* следствий общей теории относительности *только по отношению к Солнечной системе* (за исключением проверки эффекта гравитационного красного смещения на примере спектра излучения Сириуса, см. выше). Повторимся, что в силу относительно слабого гравитационного поля Солнца эти эффекты представляют собой *весьма малые* поправки к представлениям классической физики, хотя и проверенные с высокой точностью. А как проверить представления общей теории относительности, *недоступные* с точки зрения возможности их наблюдения в рамках Солнечной системы? Так, данной теорией допускается, как тоже уже говорилось, существование предсказанных Эйнштейном еще в 1915 году *гравитационных волн*. Понадобилось *ровно сто лет*, чтобы доказать их существование. 14 сентября 2015 года двумя подразделениями международной коллаборации LIGO (лазерно-интерферометрическая гравитационно-волновая обсерватория) – в Ливингстоне (штат Луизиана, США) и в Хэнфорде (штат Вашингтон) – впервые и напрямую была зафиксирована гравитационная волна. *1,3 миллиарда лет назад* далеко-далеко за пределами нашей галактики врезались друг в друга две *черные дыры* (о них ниже). Именно столько времени понадобилось индуцированной этим катаклизмом гравитационной волне, чтобы добраться до Земли. Зафиксировать столь долго шедший и потому чрезвычайно слабый сигнал – это все равно, что измерить расстояние до какого-нибудь Сириуса или Ориона с точностью до десятых долей миллиметра. Чтобы это стало возможным, потребовался труд тысячи учёных из двадцати стран, построивших обсерватории LIGO. За этот результат создатели и руководители LIGO – американские физики Р. Вайсс, К. Торн и Б.Бэрриш – стали обладателями Нобелевской премии по физике 2017 года (два года понадобилось на его проверку!).

Кроме главного открытия – подтверждения существования гравитационных волн – полученные LIGO данные стали доказательством не менее поразительного предвидения общей теории относительности, каковым считается теоретическая модель такого экзотического объекта Вселенной как *черные дыры*. Она была построена во время первой мировой войны, когда немецкий астроном Карл Шварцшильд служил в армии на восточном фронте, и в перерывах между расчетами баллистических траекторий сна-

рядов изучал работы Эйнштейна по гравитации. Буквально через несколько месяцев после опубликования последним общего уравнения гравитационного поля (см. выше) Шварцшильд использовал его для решения задачи о движении тела в *сферически симметричном* гравитационном поле. Ему удалось получить точное решение этой задачи, из которого следовало – если массу звезды сосредоточить в пределах достаточно *малой* сферической области, то поле её тяготения *возрастет* настолько, что ни вещество, ни свет не смогут его преодолеть, а время на поверхности и внутри такой сферы вообще *остановится*. Подобный *гипотетический* космический объект, из которого не могут «вылететь» ни частицы вещества, ни кванты излучения, и для которого не существует понятия времени, и получил название «черной дыры». Любая звезда может стать черной дырой, если *сожмется* до радиуса, меньшего рассчитанного Шварцшильдом *гравитационного радиуса* или *сферы Шварцшильда*. Наше Солнце, например, для этого надо сжать с его нынешнего радиуса 690 тыс. км до радиуса примерно 3 км, т.е. в 230 тысяч (!) раз.

До середины 20 века черные дыры считались, как уже указывалось, чисто *теоретическим* следствием общей теории относительности. Её творец, Эйнштейн вообще не верил в их существование. Однако в 1960-х гг., когда были получены новые данные, касающиеся строения и эволюции звезд, у ученых возникло убеждение, что *гравитационный коллапс* (сжатие звезды с превращением её в черную дыру) является обязательным этапом данной эволюции. В силу этого стали интенсивно разрабатываться так называемые *косвенные* методы обнаружения черных дыр, поскольку их прямое наблюдение невозможно (см. выше). До полученных Вайссом, Торном и Бэрришем результатов современной астрофизике удалось обнаружить, как считалось, некие космические объекты, называемые лишь *кандидатами* в черные дыры. И вот теперь есть первое свидетельство *существования черных дыр*, причем конкретной массы, и первое доказательство того, что *они могут сливаться*.

Однако даже в такой ситуации, когда столь значительное количество данных наблюдений и экспериментов к настоящему времени многократно подтвердили правоту положений общей теории относительности, большинство современных ученых рассматривают её не как последнее слово в объяснении природы пространства, времени и гравитации, а как *часть пока еще неизвестной и, естественно, более сложной* (см. тему 1.2) *фундаментальной теории*. Это, заметим, при том, что с научной точки зрения общая теория относительности и так считается одной из наиболее сложных существующих научных теорий. Известный специалист по ней, английский астрофизик Артур Эддингтон на реплику журналиста о том, что в мире будто бы только не более чем *три* человека понимают общую теорию относительности, помолчав, сказал: «Я думаю – кто же третий?».

Следует отметить, что подобного рода *незавершенность* общей теории относительности признавал и сам Эйнштейн, поскольку в последние десятилетия своей жизни он усиленно занимался созданием **единой теории поля**. Её идея заключалась в том, что *в общей теории относительности между веществом и полем нет качественного различия* – вещество находится там, где концентрация поля максимальна, а поле – там, где она мала. Это означало, что общую теорию относительности можно объединить с теорией электромагнитного поля (электродинамикой Максвелла) и тем самым *объединить и два макроскопических фундаментальных взаимодействия – гравитационное и электромагнитное*. Эйнштейн полагал, что такая «объединенная» теория позволила бы вывести и объяснить все свойства вещества, исходя из представлений о свойствах поля (обратим внимание, опять спираль Гегеля – **специальная теория относительности возникла из проблемы поля, а общая теория относительности «уперлась» в эту же проблему**). Однако, несмотря на колоссальное упорство и трудолюбие, создать такую теорию Эйнштейну не удалось (см. тему 1.3). К середине 20 века стало ясно, что работа в данном направлении должна осуществляться с учетом существования не только макроскопических, но и **микроскопических – слабого и сильного** (см. тему 1.6) – фундаментальных взаимодействий (которых, кстати, Эйнштейн не признавал, и квантовую механику наукой не считал). Вопреки этому его мнению сейчас физики пытаются построить единую теорию *трех* (из четырех известных, там же) фундаментальных взаимодействий – электромагнитного, сильного и слабого (даже название уже есть – *теория Великого объединения*), но никаких позитивных решений данная проблема не имеет до сих пор.

Тем не менее, сейчас общая теория относительности из абстрактного научного знания уже превратилась в *реально работающий* инструмент. Так, глобальные спутниковые навигационные системы, активно используемые моряками, летчиками и спасателями, имеют сверхточные часы. На точность их хода влияют и скорости спутников (эффект специальной теории относительности, см. тему 2.2), и гравитационное поле Земли (эффект общей теории относительности). Поправки на оба эти эффекта закладываются в программы обработки временных сигналов, и «летающие» часы периодически «замедляют» с тем, чтобы их ход полностью совпадал с ходом часов «земных». За один оборот спутника вокруг Земли набирается такая разность хода тех и других часов, пренебрежение которой ведет к ошибкам в 50-100 м при определении координат наземного приемника сигнала этого спутника, что недопустимо для современных систем наблюдения и связи.

2.4. Симметрия и законы сохранения

Прежде чем приступить к данной теме, необходимо пояснить, каким образом *симметрия*, как естественнонаучная категория, в рамках *одного* модуля оказалась связанной с представлениями именно о *пространстве и времени*. Данную логическую взаимосвязь этих трех важнейших понятий физики – *пространства, времени и симметрии* – можно проиллюстрировать следующими аргументами:

- фундаментальные законы физики – законы *сохранения* – связаны, как будет показано ниже, с *симметрией* именно *пространства и времени*;
- схожесть *эволюции представлений* о пространстве, времени и симметрии, а именно, от кажущейся привычной, обыденной и понятной их сути к сложнейшим, похожим на фантастику представлениям о них же;
- соответствие данной эволюции *научному методу* (см. тему 1.2), заключающееся в том, что такая, *более сложная* трактовка сути указанных естественнонаучных категорий однозначно предполагает *более полное и более достоверное* понимание с их помощью реального мира.

В науке считается, что *симметрией* (от греч. symmetria – соразмерность), как *свойством*, обладают *объекты и законы природы*. Для первых симметрия означает *соразмерность (пропорциональность, упорядоченность) элементов* объекта природы как *системы*. По выражению немецкого математика Германа Вейля, симметричным является предмет, с которым можно сделать нечто, *не изменяя* этого предмета. Так, например, равносторонний треугольник после его поворота на 120° вокруг оси, проходящей через точку пересечения высот этого треугольника, будет выглядеть точно так же, как и до поворота. Если *структура и физические свойства объекта природы не изменяются в результате его поворота (вращения), переноса (перемещения) или отражения в идеальном плоском зеркале*, то говорят, что *этот объект симметричен или инвариантен* по отношению к совершаемым над ним данным преобразованиям, и что данный объект в этом случае имеет *геометрическую симметрию* указанных выше видов (форм), или просто обладает *геометрической симметрией*. Подобная симметрия присуща кристаллам, художественным орнаментам, архитектурным сооружениям, структурам молекул неорганических соединений и другим объектам нашей реальности.

Столь же объективным, как симметрия, свойством объектов природы является противоположное первой понятие *асимметрии*. Так, структуре *живой* материи от организма до молекулы присуще нарушение одной из геометрических симметрий – *зеркальной* (см. выше). Для организма человека – это функциональная асимметрия *полушарий головного мозга* (левого, с функцией дискретно-аналитического мышления, и правого, с функцией мышления пространственно-образного), левостороннее *расположение сердца* и такое же левостороннее *закручивание кишечника* у 99,98 % людей и т.д. Более того, у *взаимодействующих «живых» молекул* строение не просто

асимметричное, а еще и *комплементарное*, когда в процессе этого взаимодействия (спаривания двух нитей ДНК, соединения фермента с субстратом и т.д.) они подходят друг к другу, как ключ к замку (образное сравнение одного из первооткрывателей ДНК Дж. Уотсона). Так, биосинтез белков с помощью нуклеиновых кислот оказывается принципиально возможным потому, что первые содержат только «левые» аминокислоты, а вторые – только «правые» сахара. *Свойство зеркальной асимметрии живого носит название хиральности или киральности (от греч. cheir – рука)*. Если, предположим, хиральность «живых» молекул изменится на зеркально противоположную, свойство комплементарности ими будет утрачено, возможность взаимодействия исчезнет, и они станут биологическим ядом для любого живого организма. Не зря в свое время Л. Пастер, а затем и В.И. Вернадский предлагали провести принципиальное различие между живой и неживой природой именно по наличию или отсутствию хиральности.

Понятие симметрии применимо также к *пространству и времени*, но так как в свете общей теории относительности Эйнштейна они представляют собой *не самостоятельные сущности*, а определенные *типы отношений между объектами природы* (см. тему 2.3), симметрия пространства и времени выявляется с помощью *внешних*, по отношению к движущимся в них макроскопическим телам, как к материальным системам, *мысленных преобразований* (табл. 2.2). Считается, что выявляемые этими преобразованиями *свойства* пространства и времени, и есть *доказательство наличия* соответствующих симметрий последних (там же). При этом согласно той же таблице 2.2, *геометрические симметрии объектов природы* и *геометрические симметрии пространства и времени* – это не одно и то же.

Таблица 2.2

**Преобразования материальных систем,
позволяющие выявить симметрии пространства и времени**

Внешние мысленные преобразования материальных систем (макроскопических тел)	Свойства (<i>геометрические симметрии</i>) пространства и времени, выявляемые этими преобразованиями
Непрерывный, параллельный, без поворота вокруг центральной оси перенос материальной системы по любой оси координат	Однородность пространства (она же – его <i>трансляционная симметрия</i>) – эквивалентность всех точек пространства, одинаковость их свойств
Непрерывный поворот материальной системы, как целого, вокруг любой оси координат	Изотропность пространства (от греч. isos – равный, одинаковый и tropos – поворот, направление) – эквивалентность всех его направлений , одинаковость свойств пространства по ним
Непрерывное изменение начала отсчета времени (сдвиг по времени)	Однородность времени – одинаковость событий, происходящих при одних и тех же условиях, но в разные моменты времени
Переход от одной инерциальной системы отсчета к другой	Эквивалентность всех инерциальных систем отсчета

Симметрия законов природы означает следующее. Если эти законы, устанавливающие, как известно (см. тему 1.2), количественные соотношения между величинами, характеризующими объект природы (систему), или определяющие изменение данных величин во времени, *не меняются* при определенных преобразованиях, которым может быть подвергнута эта система, то говорят, что данные законы *симметричны или инвариантны* относительно этих преобразований. Здесь только следует уточнить, что симметрия *объектов природы* – это инвариантность их *структуры и физических свойств* к совершаемым над ними *реальным* преобразованиям (см. выше), а симметрия *законов природы* – это инвариантность *справедливости (правильности) математического описания* поведения этих же объектов по отношению к проводимым над ними *мысленным* преобразованиям (мысленным экспериментам, согласно теме 1.2). Уместно будет напомнить также, что симметрия *пространства и времени* – это результат тоже *мысленных* преобразований движущихся в них материальных систем (см. табл. 2.2).

Повторимся, что в биологии, как в *физике только одной, весьма небольшой* по своему удельному весу *разновидности материи*, симметрия, точнее её *отсутствие*, выступает всего лишь отличительным признаком живой материи от неживой. Совершенно иное, глобальное и фундаментальное значение, симметрия как естественнонаучная категория, имеет в *физике вообще*, поскольку связана с *еще более* глобальной и фундаментальной идеей – идеей *сохранения свойств и объектов материального мира*.

Суть *законов сохранения*, как *макроскопических* (сначала) законов физики, довольно проста. У *любой* материальной системы есть некоторые свойства, *численные значения* которых, как физических величин, *не изменяются со временем* в *любых* процессах, происходящих с данной системой. В чем ценность законов подобного рода? В соответствии с *детерминистским* подходом к решению проблемы *состояния* (см. тему 1.5), полное описание поведения материальной системы возможно лишь в рамках количественных законов, которые точно и однозначно определяют изменение свойств этой системы с течением времени. Однако в реальности детерминистский подход к описанию поведения большинства сложных систем *не применим* (там же), и в такой ситуации законы сохранения *все же позволяют* сделать некоторые заключения о характере этого поведения – точно так же, как и *внутренняя энергия* (также см. тему 1.5).

Вообще фундаментальная идея сохранения появилась сначала как чисто философская догадка о наличии *чего-то неизменного (стабильного)* в вечно меняющемся мире. Еще античные философы-материалисты ионийской (милетской) школы (см. тему 1.4) пришли к понятию материи, как неуничтожимой и несотворимой, т.е. *сохраняющейся* или *вечной* основы всего существующего, которая находится в постоянном движении (там же). Как развитие этой идеи в рамках этапа классического естествознания (см. тему 1.3) появились законы сохранения *массы* (французский химик А.

Лавуазье) и *механической энергии* (немецкий философ, математик и физик Г. Лейбниц). Затем немецкий врач и естествоиспытатель Ю.Р. Майер, английский физик Дж. Джоуль, а также немецкий физик, математик и физиолог Г. Гельмгольц независимо друг от друга экспериментально открыли закон сохранения *тепловой энергии*. К середине 19 века оформился целый ряд подобных законов, которые в совокупности трактовались как *законы сохранения материи и движения*. К ним, в том числе относились законы сохранения конкретной науки – *классической механики* – а именно, законы сохранения *импульса, момента импульса и полной механической энергии*.

Импульсом частицы или количеством её *прямолинейного* движения называется произведение массы частицы m и её линейной скорости v . **Закон сохранения импульса** гласит – *импульс системы частиц остается постоянным, если результирующая всех внешних сил равна нулю*. Из него следует, что импульс *замкнутой (изолированной)* системы частиц есть величина *постоянная*. При этом импульсы отдельных частиц такой системы могут меняться во времени, однако эти изменения происходят так, что приращение импульса одной из этих частиц в точности равно его убыли для другой частицы этой же системы.

Мерой *вращательного (кругового)* движения частицы является **момент её импульса**, равный произведению импульса mv этой частицы на радиус r её вращения вокруг неподвижной оси. Для *системы частиц закон сохранения момента импульса* звучит аналогично – *если к системе частиц не приложено моментов внешних сил, момент импульса всей этой системы остается постоянным*. Понятно, что момент импульса замкнутой (изолированной) системы частиц также не изменяется во времени.

Полная механическая энергия E_M частицы равна сумме её *кинетической E_K и потенциальной E_{Π} энергий*:

$$E_M = E_K + E_{\Pi} \quad .$$

Кинетическая энергия E_K частицы – это энергия её *механического движения*, прямо пропорциональная массе m и скорости прямолинейного движения v частицы:

$$E_K = mv^2 / 2 \quad .$$

Потенциальная энергия E_{Π} частицы – это её энергия *положения*, или *запасенная энергия консервативных (гравитационных) сил*, прямо пропорциональная массе m и высоте h поднятия частицы над поверхностью Земли:

$$E_{\Pi} = mgh,$$

где, g – ускорение свободного падения.

Закон сохранения полной механической энергии (1686 г., Лейбниц, см. выше) гласит, что *в системе частиц, между которыми действуют только консервативные силы, полная механическая энергия E_M сохраняет-*

ся неизменной во времени. При этом могут происходить превращения кинетической энергии в потенциальную и обратно, но тоже только в эквивалентных количествах.

В качестве *общего* для всех трех вышеописанных законов сохранения комментария укажем, что в *классической механике* под частицей понимается *любое макроскопическое (земное) тело*, а также напомним, что эти законы имеют место только для *замкнутых (изолированных) систем* частиц (тел), лишенных внешних воздействий.

С появлением *специальной теории относительности* (см. тему 2.2) справедливость законов сохранения импульса, момента импульса и полной механической энергии E_M (см. выше) была распространена на *единое четырехмерное пространство-время*. И вот тогда возникло предположение, что существует *взаимосвязь симметрий пространства и времени с законами сохранения* каких-либо физических величин, как характеристик движущихся уже не в *абсолютном пространстве и времени*, а в *едином пространстве-времени* систем частиц (тел). Данная догадка была доказана в 1918 г. выдающейся женщиной-математиком, немкой Эмми Нётер. Согласно *теореме*, названной её именем, *каждой геометрической симметрии пространства-времени* (правый столбец таблицы 2.2), *характеризуемой одним непрерывно изменяющимся параметром* (левый столбец этой же таблицы), *соответствует величина, которая сохраняется (не меняется со временем)* для движущейся в этом пространстве-времени системы частиц (тел) (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Взаимосвязь симметрий пространства-времени с законами сохранения

Свойства (геометрические симметрии) пространства-времени,	Соответствующие им законы сохранения
Однородность пространства (трансляционная симметрия)	Импульса
Изотропность пространства	Момент импульса
Однородность времени	Полной механической энергии E_M

При этом Нётер показала, что *другие* законы физики – законы, описывающие *движение* данной системы в едином пространстве-времени – остаются *инвариантными (симметричными)* по отношению к тем её преобразованиям, которые характеризуются этим непрерывно изменяющимся параметром. Из независимости законов движения материальной системы от проводимых по отношению к ней внешних пространственно-временных преобразований *математически строго* следует *наличие* у этого пространства-времени свойств (геометрических симметрий), выявляемых данными преобразованиями. Конкретно для *каждого* из *непрерывных* преобразований материальной системы, указанных в левом столбце табл. 2.2, это следует понимать так:

- симметрия законов физики относительно *переноса* материальной системы по любой оси координат означает эквивалентность всех *точек пространства* (его *однородность*);
- симметрия законов физики относительно *поворота* материальной системы вокруг любой оси координат означает эквивалентность всех *направлений пространства* (его *изотропность*);
- симметрия законов физики относительно изменения начала отсчета *времени* означает, что эти законы *не меняются со временем* (оно *однородно*);
- симметрия физических законов относительно *перехода от одной инерциальной системы отсчета к другой* означает *инвариантность (неизменность)* вида данных законов в любой из этих систем (*эквивалентность* всех инерциальных систем отсчета).

Значение теоремы Нётер заключается следующем. С одной стороны, она математически строго квалифицировала **свойство форм существования материи (пространства и времени) – симметрию** – , как **источник новой информации о первой**, поскольку, согласно данной теореме, если известны симметрии пространства-времени, то для движущейся в нем материальной системы (совокупности частиц или тел) **можно найти законы сохранения и наоборот**, причем каждая конкретная геометрическая симметрия математически строго определяет *число и тип* сохраняющихся величин – характеристик данной системы.

С другой стороны, проводимая в рамках выявления взаимосвязи симметрий пространства и времени с законами сохранения проверка законов движения материальных систем на симметричность позволяет обнаружить **новые, как правило, не поддающиеся экспериментальному подтверждению свойства природных объектов**, поведение которых эти законы описывают, или *пространства-времени*, как форм существования данных объектов. Отсутствие возможности практически доказать наличие таких свойств обусловлено уже упоминавшейся *проблемой наглядности физических представлений*. Напомним, что теория относительности, например, данную проблему решала поиском эмпирических подтверждений существования каких-либо недоступных для непосредственного восприятия, в частности, в *земных* условиях свойств реальности в тех её областях, где эти свойства выражены более явно, а именно, в *мире элементарных частиц* (там, как известно, «искала» подобные доказательства *специальная теория относительности*) или в *космосе*, где аргументы подобного рода «нашла» *общая теория относительности* (см. темы 2.2 и 2.3 соответственно). Но как быть, если практических подтверждений существования отдельных свойств реальности – таких, например, как *изотропность пространства* или *однородность времени* – нельзя найти **ни в одной** из областей её организации? Ответ на данный вопрос таков – наличие подобных свойств **доказывается как результат проверки законов физики на симметричность**. Исследуя эти законы, как математические описания пове-

дения того или иного природного объекта, на инвариантность к его мысленным (внешним, пространственно-временным, см. табл. 2.2) преобразованиям, физики время от времени *открывают новые и неожиданные свойства* этого объекта или форм его существования (см. выше), которые таинственно и тонко «запрятаны» в математическом аппарате, и совсем не очевидны тому, кто *реально* наблюдает или изучает данный объект природы. В качестве дополнительного к уже указанным выше аргументам в пользу данного утверждения можно сослаться на приводимые в темах 2.1 и 2.2 доказательства *разных* свойств пространства и времени проверкой с помощью *разных* преобразований законов *разных* естественнонаучных теорий на инвариантность (табл. 2.4).

Таблица 2.4

**Свойства пространства и времени, выявляемые проверкой
законов классической механики и специальной теории
относительности на симметричность**

Теория	Вид перехода от одной инерциальной системы отсчета к другой	Свойства пространства и времени, выявляемые этим переходом	Принцип, удостоверяющий инвариантность законов данной теории относительно соответствующих преобразований
Классическая механика	Преобразования Галилея	Абсолютное пространство и абсолютное время	Принцип относительности Галилея
Специальная теория относительности	Преобразования Лоренца	Относительность пространства и времени, единое пространство-время	Принцип относительности Пуанкаре – Эйнштейна

Подобные *новые возможности научного познания*, доказанные теоремой Нётер, позволили сделать вывод, что проверка законов природы на симметричность *повышает качество этих законов* как форм теоретического знания. Именно с подачи Э. Нётер стало считаться, что такая проверка поднимает их на *более высокий* уровень в иерархии научного знания. Американский физик, лауреат Нобелевской премии Е. Вигнер вообще считал, что в области *теоретического* знания нет ничего *более вершинного*, чем инвариантность законов природы, или, что то же самое, их симметрия. С ним соглашался В.И. Вернадский, отмечавший, что «новым в науке явилось не выявление *принципа* симметрии, а выявление его *всеобщности*». Негласный лозунг физиков-теоретиков – *правильная теория должна быть красивой* – также связан с симметричными представлениями о последней. В свете сказанного можно, пожалуй, утверждать, что знакомую нам последовательность реализации *теоретического* этапа научного метода (см. рис. 1.5)

необходимо было бы дополнить *еще одной* процедурой – проверкой закона, как верифицированной гипотезы (там же) *на симметричность*.

Одним из подтверждений эффективности такого приема повышения качества научного знания является *проверка симметричности законов еще одной, более поздней естественнонаучной теории – квантовой механики* – относительно преобразований *другого* пространства-времени, в котором движутся её объекты исследования – *элементарные частицы*. Это *микропространство существенно отличается* от того *макропространства*, по отношению к которому осуществимы преобразования, указанные в таблице 2.2 – оно квантованное, движущиеся в нем материальные объекты (системы уже не макроскопических тел, а элементарных частиц) имеют ярко выраженную двойственную (вещественно-полевою), а то и виртуальную природу, эти частицы могут взаимно превращаться друг в друга и т.д. В силу такой специфики симметрию законов квантовой механики пришлось доказывать *другими* внешними мысленными преобразованиями системы элементарных частиц, имеющими *дискретный* (табл. 2.5), а не *непрерывный*, как для макроскопических тел (левый столбец табл. 2.2), характер Дискретными они называются потому, что производятся в *один прием*, причем *повторение* этого приема возвращает преобразуемую материальную систему в *первоначальное состояние*.

Таблица 2.5

***Дискретные преобразования систем элементарных частиц
и свойства пространства-времени, выявляемые этими
преобразованиями***

Внешние мысленные преобразования систем элементарных частиц	Свойства (симметрии) пространства-времени, выявляемые этими преобразованиями
<i>Зарядовое сопряжение (C)</i> – замена всех частиц системы на античастицы	Массы и время жизни частиц и античастиц равны. Вероятности реализации в пространстве-времени процессов с частицами и античастицами одинаковы.
<i>Пространственная инверсия (P)</i> – изменение пространственных координат частиц на противоположные по знаку	
<i>Обращение времени (T)</i> – замена знака времени в уравнениях, описывающих поведение системы частиц	

Особенностью указанных в левом столбце таблицы 2.5 преобразований является и то, что *производятся они одновременно*, и потому имеют общее название *CPT-преобразования* (читается «цэ–пэ–тэ», поскольку данная аббревиатура – латынь. В частности, буква C – это первая буква французского слова *charge* – заряд). И один из законов квантовой механики, называемый ***теоремой CPT*** (физики Г. Людерс (Германия) и В. Паули (Швейцария), 1951-1955 гг.), гласит – *уравнения квантовой механики инвариантны относительно CPT-преобразования*. С одной стороны, прак-

тическим подтверждением свойств пространства-времени, которые следуют из данной теоремы (правый столбец той же таблицы), является симметрично протекающая *аннигиляция*, обнаруженная еще в 1933 г. для пары «электрон – позитрон», а с другой – тот факт, что на опыте ни одного случая нарушения теоремы СРТ не обнаружено.

По аналогии с теоремой Нётер (но не вследствие применения её к системам элементарных частиц!), из *дискретных* преобразований данных систем (левый столбец табл. 2.5) следуют *иные*, нежели выводимые из данной теоремы (см. табл. 2.3), *законы сохранения для микрообъектов*:

- закон сохранения *электрического заряда* системы элементарных частиц при их взаимодействиях и взаимопревращениях друг в друга. Данный закон, кстати, справедлив и для макросистем (М. Фарадей, 1843 г.);
- закон сохранения *барионного заряда* при сильных взаимодействиях *тяжелых* элементарных частиц – барионов;
- закон сохранения *лептонного заряда* при слабом взаимодействии *легких* элементарных частиц – лептонов и другие законы.

Как следует из сказанного, теорема СРТ удостоверила симметричность законов квантовой механики точно так же, как *ранее* это сделали принципы относительности Галилея и Пуанкаре – Эйнштейна по отношению к законам других естественнонаучных теорий – классической механики и специальной теории относительности соответственно (см. табл. 2.4). Общим для всех этих трех законов физики является то, что они доказали симметричность «своих» теорий только относительно *пространственно-временных преобразований*, как *внешних* по отношению к материальным системам (макроскопическим телам и системам элементарных частиц), поведение которых эти теории описывают. Разница, напомним, лишь в том, что для *макрообъектов* данные преобразования осуществляются *непрерывно*, а для *микрообъектов* – *дискретно*.

Подведем некий *промежуточный* итог. К началу четвертого этапа истории естествознания (см. тему 1.3) симметрия, как научная категория доказала свою эффективность в *двух* аспектах. С одной стороны, она *обнаружила* связь с важнейшими законами физики – законами сохранения – и *продемонстрировала способ их выводить* (доказывать математически). С другой стороны, она указала *новый путь* решения проблемы наглядности физических представлений – математического же доказательства существования *новых, не поддающемуся иному подтверждению*, свойств форм бытия материи (пространства и времени) проверкой законов физики на симметричность.

Еще более значимый результат использования представлений симметрии для продвижения по пути познания мира был получен на *самом* четвертом этапе развития науки. Чтобы эту значимость оценить в полной мере, необходимо напомнить о такой неотъемлемой черте научного знания, как *относительность его полноты и правоты* (см. тему 1.2). Конкретно име-

ется в виду *общая теория относительности*, которая, как уже говорилось, была великим достижением в решении проблемы объяснения *единой* природы пространства, времени и гравитации (см. тему 2.3). Тем не менее, она **не смогла** стать основой для создания в дальнейшем теории *более высокого порядка сложности и достоверности*, объясняющей такую же единую природу тоже *бóльшего* числа явлений и условий существования реальности – электромагнетизма, гравитации, пространства и времени (имеется в виду неудача Эйнштейна в создании *единой теории поля*, там же).

Решение данной задачи в начале 20-х годов прошлого века предложил уже упоминавшийся выше немецкий математик и физик Г. Вейль. В продолжение идей Эйнштейна он считал, что законы физики, описывающие природу *разных* фундаментальных взаимодействий, **должны быть одними и теми же** – это требование принципа относительности Пуанкаре – Эйнштейна (см. тему 2.2). Но для того, чтобы они *одновременно* учитывали природу известных к данному моменту времени *действительно разных* гравитационных и электромагнитных явлений, он предложил *так же поразному задавать (градуировать, калибровать) параметры единого пространства-времени*, как аргументы этих уравнений. С помощью знакомого нам интервала s (там же) это можно пояснить следующим образом. Согласно гипотезе Вейля, в *любой* точке пространства-времени координаты тоже *любой* элементарной частицы, имеющей массу покоя, будут равны:

$$s_{\Gamma} = \sqrt{c^2 t_{\Gamma}^2 - r_{\Gamma}^2} \quad \text{или} \quad s_{\text{ЭМ}} = \sqrt{c^2 t_{\text{ЭМ}}^2 - r_{\text{ЭМ}}^2},$$

где, r_{Γ} , t_{Γ} и s_{Γ} – соответственно радиус-вектор, время движения и интервал частицы, участвующей, например, в *гравитационном* взаимодействии; $r_{\text{ЭМ}}$, $t_{\text{ЭМ}}$ и $s_{\text{ЭМ}}$ – те же координаты, но частицы, участвующей *в другом*, допустим, в *электромагнитном* взаимодействии.

По Вейлю, законы квантовой теории поля (*любого!*), как уравнения, описывающие движение частиц, участвующих в *разных* фундаментальных взаимодействиях, **не должны менять свой математический вид (оставаться симметричными)** при подстановке в них, как аргументов, пространственно-временных координат – r , t , s – *любых* подобных частиц. Но при этом **для выполнения условия инвариантности** данных уравнений подставляемому в них *произвольному* сочетанию аргументов – r_{Γ} , t_{Γ} , s_{Γ} или $r_{\text{ЭМ}}$, $t_{\text{ЭМ}}$, $s_{\text{ЭМ}}$ (см. выше) – должна соответствовать некая **компенсирующая данную произвольность величина**, включаемая в уравнения поля соответствующего фундаментального взаимодействия – гравитационного, электромагнитного или какого-либо иного – в виде дополнительного слагаемого (члена). Аналогию можно провести с известным всем законом сообщающихся сосудов – *выполнение* данного закона (соблюдение условия *симметричности* уравнений поля) обеспечивается тем, что *любому* изменению уровня жидкости в *одной* части U-образной стеклянной трубки (*произволь-*

ному сочетанию параметров пространства-времени r , t и s) соответствует адекватное изменение её уровня в другой части этой же трубки (**«уравновешивающее»** данную произвольность дополнительное слагаемое, появляющееся в этих уравнениях).

С подачи Вейля изменения масштабов длины r и длительности t получили название **калибровочных преобразований пространства-времени**, а свойство уравнений квантовой теории поля сохранять неизменной свою математическую форму по отношению к этим преобразованиям – **калибровочной симметрии (инвариантности) этих уравнений** (т.е. симметрии, связанной со свойствами элементарных частиц, а не со свойствами пространства-времени, см. табл. 2.2). Революционным же теоретическим следствием из этой новой симметрии законов физики стало обоснование существования векторных полей, квантами которых элементарные частицы обмениваются, реализуя то или иное фундаментальное взаимодействие. Указанное следствие, как **новое свойство этих частиц**, и есть смысл дополнительного слагаемого, появляющегося в данных законах с целью обеспечить их такую же новую, т.е. калибровочную симметрию. Отсюда следует вывод, предопределивший, ни много, ни мало, **направление развития физики на весь сегодняшний (четвертый) этап истории науки** – **все** существующие в природе фундаментальные взаимодействия (гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое, см. тему 1.6) **можно теоретически описать единым образом**, а именно, как конкретные векторные квантовые поля, соответствующие своим калибровочным пространственно-временным преобразованиям. Проще говоря, сложнейшую задачу познания сущности сил, обеспечивающих целостность и устойчивость нашего мира (там же) **современная физика сводит к поиску калибровочных симметрий**, которыми обладают поля тех или иных таких сил (фундаментальных взаимодействий в природе), а точнее, **уравнения**, описывающие природу этих полей. Насколько же преуспела наука второй половины 20 века в решении данной задачи? Логику событий можно изложить следующим образом.

Важнейшим результатом предыдущего, третьего этапа развития естествознания (см. тему 1.3) была **волновая функция** австрийского физика Э. Шредингера – уравнение, описывающее движение элементарных частиц с учетом их двойственной, корпускулярно-волновой (см. тему 1.4) природы. По мнению физиков, уравнение Шредингера в квантовой механике имеет такое же значение, как три закона Ньютона в механике классической и система уравнений Максвелла в классической же электродинамике. Так вот, калибровочные преобразования пространства-времени по отношению к волновой функции, описывающей движение **конкретной элементарной частицы – электрона** – позволили теоретически обосновать сущность **электромагнитного взаимодействия** как поля, обладающего тоже конкретным числом калибровочных симметрий, в данном случае, двух. Научная

значимость этого результата заключается в том, что основываясь на *знании только этих двух симметрий*, можно **чисто теоретически**, не проведя ни единого эксперимента по электричеству и магнетизму, получить **все** известные сведения о данном фундаментальном взаимодействии, а именно:

- что оно переносится квантами, не обладающими массой покоя (фотонами);
- что оно является близкодействующим;
- что существуют электромагнитные волны, способные порождать самих себя и распространяться в пустоте со скоростью света;
- что свет имеет электромагнитную природу и существует невидимая часть спектра электромагнитного излучения;
- что для участвующих в электромагнитном взаимодействии частиц (электронов) выполняется закон сохранения электрического заряда;
- что, опираясь на эти калибровочные симметрии, можно *теоретически* опять же вывести **все** известные к данному моменту времени законы электромагнетизма, в том числе, построить систему уравнений Максвелла и т.д.

Стоит вдуматься – учение об электромагнетизме складывалось столетиями на основе кропотливых эмпирических исследований великих экспериментаторов – Фарадея, Кулона, Ампера, Эрстеда и других – а оказывается, можно получить эти результаты, **вообще не прибегая к эмпирическому этапу научного метода** (см. тему 1.2) путем выявления и исследования калибровочной инвариантности. Сейчас электромагнитное поле, как калибровочное, является объектом изучения новой науки – *квантовой электродинамики*, которая, согласно принципу соответствия (см. тему 1.3), представляет собой симбиоз классической электродинамики, как теории *макроскопического* электромагнитного взаимодействия, и теории взаимодействующих заряженных движущихся *микрочастиц* (квантовой механики).

Полученный результат совершенно естественно и логично ставил следующий вопрос – а не **свойственна ли калибровочная инвариантность** полям *остальных* фундаментальных взаимодействий – слабого, сильного и гравитационного – и если да, то может быть именно *с её помощью* (как, собственно и предлагал Вейль, см. выше) можно решить проблему, перед которой отступил сам Эйнштейн? Столь грандиозную задачу современная физика решает (именно *решает*, поскольку данная работа еще не завершена) тоже совершенно понятным образом – волновая функция Шредингера, как уравнение, описывающее поведение **всех** элементарных частиц, «грузится» **все более сложными калибровочными преобразованиями пространства и времени** с тем, чтобы, с одной стороны, доказать *калибровочный характер* полей **всех** фундаментальных взаимодействий, а с другой – установить наличие *связи* между ними. На сегодняшний день итоги реализации данной научной программы таковы (рис. 2.9):

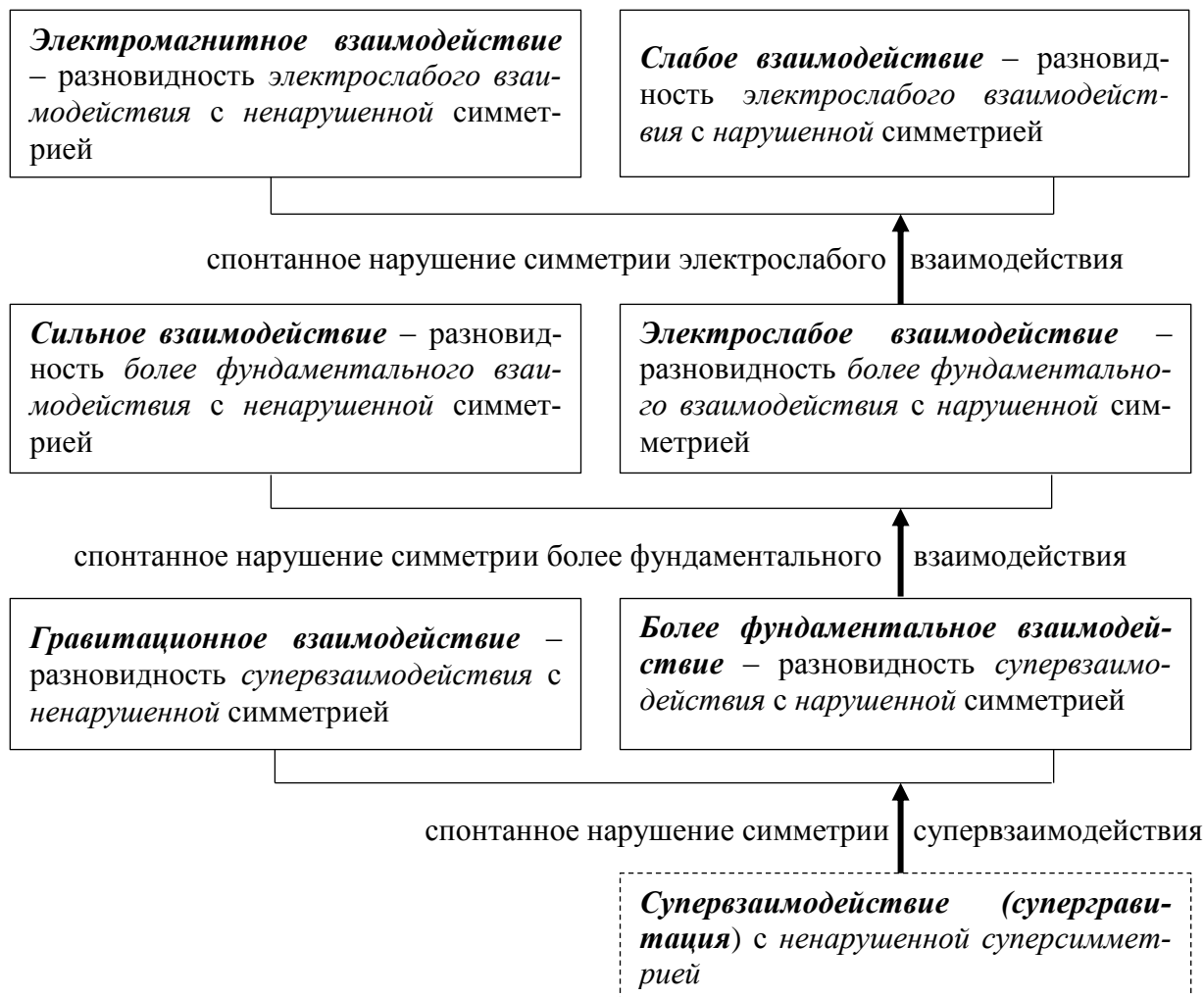


Рис. 2.9. Сценарий объединения фундаментальных взаимодействий на основе калибровочной симметрии

Упоминавшаяся в теме 1.6 теория электрослабого взаимодействия оказалась **объединенной калибровочной** теорией электромагнитного и слабого взаимодействий. «Родство» двух последних заключается в том, что **электромагнитное** взаимодействие представляет собой электрослабое взаимодействие с **ненарушенной** симметрией, а **слабое** взаимодействие – с **нарушенной** (см. рис. 2.9). Но при этом они, как известно, *разные* – электромагнитное взаимодействие переносится квантами *одного* калибровочного поля (*фотонами*), а слабое – квантами уже *трех* таких полей (*бозонами*). Кроме того, электромагнитное взаимодействие оставляет участвующие в нем частицы *неизменными*. Если, например, два электрона обмениваются фотонами, они электронами и остаются. Слабое же взаимодействие, как известно, сопровождается *взаимопревращениями* участвующих в нем элементарных частиц. Резонный вопрос – по какой причине электрослабое взаимодействие «реализуется» в *одной* или в *другой* своей разновидности? Современная физика такой причиной считает *спонтанное*

нарушение симметрии, когда симметричное состояние поля какого-либо взаимодействия (не только электрослабого, см. рис. 2.9) не отвечает условию *наиболее выгодного энергетического состояния* этого поля (см. пример, поясняющий суть принципа Паули, тема 1.2). На рисунке 2.9 такое *естественное направление физических процессов* показано стрелками, идущими *снизу вверх*.

В итоге с одной стороны, спонтанное нарушение симметрии приводит к появлению *массы у безмассовых калибровочных бозонов* – переносчиков слабого взаимодействия (противоречие, которое, как известно, разрешилось сначала идеей существования бозона Хиггса, а потом его обнаружением, см. тему 1.6). С другой стороны, успех данной идеи при разработке теории электрослабого взаимодействия «вдохновил» физиков 21 века на применение вышеописанного механизма объединения простых взаимодействий в сложные на базе нарушения или сохранения симметрии к *слиянию остальных фундаментальных взаимодействий*. Это слияние, как процесс интеграции научного знания (см. тему 1.3), на том же рисунке 2.9 показано этапами данного процесса, реализуемыми *сверху вниз* по ходу его реализации. Так, сейчас физики пытаются *объединить электрослабое взаимодействие с сильным* (там же). В том числе для решения этой задачи по образцу квантовой электродинамики (см. выше) разработана также базирующаяся на калибровочной симметрии квантовополевая теория *сильного* взаимодействия – *квантовая хромодинамика*. Работа в данном направлении, видимо, идет довольно успешно, поскольку есть сведения, что данная научная программа близка к завершению. Пока не ясно, как именно будет называться это более сложное фундаментальное взаимодействие – может «*электрослабосильное*», может «*сильноэлектрослабое*» – гораздо важнее, что сильное взаимодействие, как *уже теоретически обоснованное и экспериментально подтвержденное*, будет, скорее всего, *симметричной* разновидностью данного нового *искомого* взаимодействия, также подверженного спонтанному нарушению *своей* симметрии (также см. рис. 2.9). Здесь уместно будет напомнить, что *сильное* взаимодействие является *более сложным*, чем объединяемое с ним *электрослабое*, поскольку переносится квантами уже не *трех*, как последнее, а *восьюми* калибровочных (*глюонных*, см. тему 1.6) полей. Данное обстоятельство создает дополнительные трудности при разработке *теории Великого объединения* – именно так будет называться *объединенная калибровочная* теория уже *трех* – электромагнитного, слабого и сильного – фундаментальных взаимодействий (см. тему 2.3).

Однако больше всего трудностей возникает с включением в Великое объединение *гравитационных* явлений (см. рис. 2.9). Есть, тем не менее, предпосылки, говорящие в пользу успеха в решении данной задачи. Это, во-первых, теоретически *доказанная* тоже безмассовая (см. выше) сущность пока не найденного *гравитона* (см. тему 1.6). Во-вторых, это также *теоретически подтвержденная* калибровочная симметрия общего уравнения гравитаци-

онного поля теории тяготения А. Эйнштейна (см. тему 2.3). Согласно этому уравнению, характеристики поля тяготения *изменяются вместе* с преобразованиями пространственно-временных координат. Это означает, что при любой траектории движения макроскопического тела в поле тяготения *своеобразие* этого движения – координаты тела r , s и t (см. выше) – *нивелируется* (калибруется) **самим этим полем**, а законы гравитации не зависят от характера данной траектории, т.е. остаются *симметричными*. Сказанное, кстати, полностью согласуется и с *принципом локальной эквивалентности* (также см. тему 2.3), поскольку *постоянство* силы тяготения в *малом* объеме пространства как раз и означает *переменную по протяженности* этого пространства напряженность гравитационного поля как калибровочного.

Поскольку общая теория относительности не учитывает квантовый характер тяготения (напомним, что Эйнштейн его *микроскопическим* взаимодействием *не считал*, см. тему 2.3), физикам ещё только предстоит разработать **квантовую теорию гравитации**, которая будет предполагать квантование **пространства-времени**, т.е. наличие у него *дискретных (!)* свойств. Если вспомнить «наказ» Ньютона (см. тему 2.3), то в свете такой новой трактовки можно утверждать, что **природа гравитации** – это гравитационные волны, представляющие собой поток безмассовых квантов (гравитонов), а **причина её возникновения** – калибровочная инвариантность поля тяготения. Данная теория, как *калибровочная теория единого – гравитационного, электрослабого и сильного взаимодействий (супервзаимодействия*, согласно рис. 2.9, или **суперсилы** по П. Дэвису) – будет называться *теорией суперсимметрии* или *теорией супергравитации* (там же). Пунктиром это самое глобальное объединенное фундаментальное взаимодействие реального мира на рис. 2.9 показано потому, что *Стандартная модель физики элементарных частиц* (см. тему 1.6) **запрещает** ненарушенную суперсимметрию в природе.

Подводя итог, можно утверждать, что значение симметрии, как *свойства пространства и времени, а также законов природы*, является схожим со значимостью гипотезы корпускулярно-волнового дуализма (см. тему 1.4). Как данная гипотеза доказала *единство* казалось бы обособленных и не имеющих между собой ничего общего видов материи, так и *объединение на базе калибровочной симметрии существующих фундаментальных взаимодействий в природе продемонстрировало их взаимосвязь*. При этом *различия* между данными взаимодействиями не отрицаются, но они уже не носят *абсолютного* характера, как это имело место ранее – на третьем этапе истории естествознания (см. тему 1.6). Кроме того, благодаря спонтанному нарушению симметрии, *незыблемой* остается **калибровочная инвариантность** законов, описывающих поведение соответствующих квантовых полей – волновой функции для случая электрослабого и сильного взаимодействий, а также общего уравнения гравитационного поля для силы тяготения.

Вопросы для самоконтроля

к теме 2.1

1. Философская и естественнонаучная сущность понятий пространства и времени. Этапы развития представлений о них и задачи этих этапов.
2. Атомистическая и аристотелевская трактовки пространства и времени.
3. Развитие представлений о пространстве и времени Евклидом и Декартом.
4. Принцип относительности Галилея.
5. Трактовка пространства и времени по Галилею и Ньютону.
6. Фотометрический парадокс и его значение.
7. Нарушение правила инвариантности для полевой формы материи.
8. Цель, идея и результат опыта Майкельсона – Морли.

к теме 2.2

1. Статус, смысл и следствия преобразований Лоренца.
2. Относительность одновременности и относительность размера тела.
3. Эйнштейновская трактовка пространства, времени, преобразований Лоренца и принципа относительности Галилея.
4. Постулаты специальной теории относительности. Почему она называется специальной?
5. Релятивистское правило сложения скоростей и релятивистская масса тела.
6. Происхождение, сущность и значение «формулы 20 века» Эйнштейна.
7. Четырёхмерное «пространство – время» Минковского и его интерпретация первого постулата специальной теории относительности.
8. Релятивистские эффекты.
9. Проблема наглядности научных представлений о реальности и её решение.
10. Практические подтверждения релятивистского замедления времени.
11. «Парадокс близнецов».
12. Практические подтверждения релятивистского правила сложения скоростей.

к теме 2.3

1. Необходимость создания общей теории относительности и трудности, препятствующие решению данной задачи.
2. Сравнительный анализ содержания этапов создания специальной и общей теории относительности.
3. Понятия инерционной и гравитационной масс, их ньютоновское толкование.
4. Сущность и следствие принципа локальной эквивалентности инерционной и гравитационной масс.
5. Сущность обобщенного принципа относительности Эйнштейна и исходное условие, принятое при его формулировке.
6. Причина пересмотра евклидовой геометрии и его результат.
7. История создания неевклидовых геометрий Гаусса и Лобачевского – Больяи.
8. Суть неевклидовой геометрии Римана и его гипотеза, опередившая общую теорию относительности Эйнштейна.
9. Трактовка пространства-времени с позиций общей теории относительности и её ограничения.
10. Сущность общего уравнения гравитационного поля и факт его подчинения принципу соответствия.

11. Понятие и геометрические характеристики геодезической линии.
12. Интерпретация евклидова, псевдоевклидова и неевклидова пространства с помощью геодезических линий.
13. Интерпретация движения тела (материальной точки) в искривленном пространстве.
14. Интерпретация распространения света в искривленном пространстве. Особенность околоземного искривленного пространства.
15. Следствия общей теории относительности, подтвержденные наблюдениями или экспериментами (только названия). Суть и значение объяснения прецессии перигелия Меркурия.
16. Суть и значение обнаружения отклонения луча света гравитационным полем Солнца.
17. Эффект гравитационного красного смещения и его проверка наблюдениями и экспериментами.
18. Доказательство существования гравитационных волн и его значение
19. Черные дыры как следствие общей теории относительности и доказательство их существования.
20. Единая теория поля – необходимость и проблемы её создания. Практическая значимость общей теории относительности.

к теме 2.4

1. Понятия симметрии и асимметрии по отношению к объектам природы.
2. Геометрические симметрии пространства и времени и преобразования, позволяющие их выявить.
3. Суть симметрии законов природы. Отличия в трактовке симметрии объектов и законов природы, а также пространства и времени.
4. Суть и эволюция идеи (законов) сохранения.
5. Законы сохранения импульса, момента импульса и полной механической энергии.
6. Суть теоремы Э. Нётер. Законы сохранения, вытекающие из симметрий пространства-времени и следствия симметрии законов физики относительно его непрерывных преобразований.
7. Значение теоремы Э.Нётер.
8. Дискретные преобразования пространства-времени и вытекающие из них законы сохранения. Теорема СРТ.
9. Специфика и общие черты инвариантности законов классической и квантовой механики, а также специальной теории относительности. Возможности симметрии как инструмента познания к концу третьего этапа истории науки.
10. Суть и значение гипотезы Г. Вейля.
11. Калибровочные преобразования и калибровочная симметрия (инвариантность).
12. Смысл и значение создания квантовой электродинамики.
13. Электрослабое взаимодействие с позиции спонтанного нарушения симметрии.
14. Суть калибровочной теории Великого объединения.
15. Супервзаимодействие (супергравитация). Значение симметрии как свойства объектов и законов природы.

Тесты

по теме 2.1

1. Установите соответствие между атрибутом материи и его названием:

1) способ существования материи) поле
2) форма существования материи) взаимодействие
3) вид материи) движение
4) условие существования материи) время
2. Совокупность отношений, выражающих упорядочивание сменяющих друг друга событий, образует ...

<input type="radio"/> пространство	<input type="radio"/> космос
<input type="radio"/> бытие	<input type="radio"/> время
3. Пространство в представлениях Аристотеля определяется как ...

<input type="radio"/> место движения тел	<input type="radio"/> вместилище дискретных тел
<input type="radio"/> вместилище событий	<input type="radio"/> протяженная непрерывная материя
4. Инерциальными называются системы отсчета, _____ друг относительно друга.

<input type="checkbox"/> движущиеся ускоренно	<input type="checkbox"/> движущиеся равномерно
<input type="checkbox"/> покоящиеся	<input type="checkbox"/> движущиеся по инерции
5. Противоположных взглядов на пространство придерживались ...

<input type="checkbox"/> Демокрит и Лукреций	<input type="checkbox"/> Аристотель и Декарт
<input type="checkbox"/> Лукреций и Аристотель	<input type="checkbox"/> Декарт и Демокрит
6. В механистической картине мира считается, что пространство и время ...

<input type="radio"/> существуют независимо друг от друга и относительны	<input type="radio"/> существуют независимо друг от друга и абсолютны
<input type="radio"/> неразрывно связаны и абсолютны	<input type="radio"/> неразрывно связаны и относительны
7. В механистической картине мира считается, что пространственные размеры тела ...

<input type="radio"/> зависят не от скорости его движения, измеряемой в выбранной системе отсчета, а от других факторов	<input type="radio"/> не зависят ни от скорости его движения, измеряемой в выбранной системе отсчета, ни от других факторов
<input type="radio"/> тем меньше, чем больше скорость его движения, измеряемая в выбранной системе отсчета	<input type="radio"/> тем больше, чем больше скорость его движения, измеряемая в выбранной системе отсчета
8. По Ньютону, пространство – это ...

<input type="checkbox"/> вместилище тел	<input type="checkbox"/> протяженная непрерывная материя
<input type="checkbox"/> Вселенная конечного объема	<input type="checkbox"/> неподвижная инерциальная система отсчета
9. Результат какого эмпирического (вывод какого теоретического) исследования, противоречащий ньютоновской трактовке пространства, не был связан с открытием полевой формы материи?

<input type="radio"/> преобразований Галилея	<input type="radio"/> фотометрического парадокса
<input type="radio"/> опыта Майкельсона – Морли	<input type="radio"/> преобразований Лоренца

10. Электродинамика Максвелла ...

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> противоречит теории относительности | <input type="checkbox"/> не противоречит теории относительности |
| <input type="checkbox"/> не противоречит принципу относительности Галилея | <input type="checkbox"/> противоречит принципу относительности Галилея |

11. Эфир Ньютон отождествлял с ...

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="radio"/> полем | <input type="radio"/> пространством |
| <input type="radio"/> временем | <input type="radio"/> веществом |

12. Опыт Майкельсона – Морли опроверг ...

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> лапласовский детерминизм | <input type="radio"/> гипотезу существования эфира |
| <input type="radio"/> принцип постоянства скорости света | <input type="radio"/> концепцию физического вакуума |

по теме 2.2

1. Какой формой научного знания являются преобразования Лоренца?

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> законом | <input type="radio"/> гипотезой |
| <input type="radio"/> эмпирической зависимостью | <input type="radio"/> эмпирическим фактом |

2. Относительность размера тела – результат ...

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> мысленного эксперимента | <input type="radio"/> математического вывода |
| <input type="radio"/> наблюдения | <input type="radio"/> реального эксперимента |

3. В специальной теории относительности доказывается, что ...

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> свойства пространства и времени не зависят от положения по отношению к ним материальных объектов | <input type="radio"/> пространственные и временные характеристики материальных объектов в разных системах отсчета будут разными |
| <input type="radio"/> пространственные и временные характеристики материальных объектов в разных системах отсчета будут одинаковыми | <input type="radio"/> пространственные и временные характеристики материальных объектов в разных системах отсчета не зависят от скорости относительного движения этих объектов |

4. В специальной теории относительности абсолютный характер утратили ...

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> одновременность событий | <input type="checkbox"/> законы физики |
| <input type="checkbox"/> скорость света | <input type="checkbox"/> размер тела в направлении его движения |

5. Релятивистской механикой называется ...

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> динамика Аристотеля | <input type="radio"/> специальная теория относительности |
| <input type="radio"/> динамика Ньютона | <input type="radio"/> общая теория относительности |

6. Какой параметр движения тела не учитывают преобразования Лоренца?

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> время, измеренное в неподвижной системе отсчета | <input type="radio"/> скорость относительно неподвижной системы отсчета |
| <input type="radio"/> время, измеренное в подвижной системе отсчета | <input type="radio"/> скорость относительно подвижной системы отсчета |

7. «Формула 20 века» выражает эквивалентность ...

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> пространства и времени | <input type="checkbox"/> вещества и поля |
| <input type="checkbox"/> массы и энергии | <input type="checkbox"/> подвижной и неподвижной инерциальных систем отсчета |

8. Укажите понятия, введенные специальной теорией относительности:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> однородность пространства и времени | <input type="checkbox"/> инерциальные системы отсчета |
| <input type="checkbox"/> эквивалентность массы и энергии | <input type="checkbox"/> пространственно-временной континуум |

9. По Минковскому, пространство и время ...

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> антагонистичны друг другу | <input type="radio"/> независимы друг от друга |
| <input type="radio"/> эквивалентны друг другу | <input type="radio"/> едины друг с другом |

10. Понятие единого четырехмерного «пространства-времени» ввел ...

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="radio"/> Х. Лоренц | <input type="radio"/> А. Эйнштейн |
| <input type="radio"/> А. Пуанкаре | <input type="radio"/> Г. Минковский |

11. В специальной теории относительности абсолютны _____ и _____.

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> время | <input type="checkbox"/> скорость света |
| <input type="checkbox"/> изменение интервала | <input type="checkbox"/> пространство |

12. Сколько существует релятивистских эффектов?

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| <input type="radio"/> два | <input type="radio"/> четыре |
| <input type="radio"/> три | <input type="radio"/> пять |

13. Из специальной теории относительности следует, что ...

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> движущиеся относительно наблюдателя часы идут медленнее таких же часов, покоящихся в его системе отсчета | <input type="checkbox"/> для подвижной системы отсчета с увеличением скорости движения темп времени замедляется |
| <input type="checkbox"/> движущиеся относительно наблюдателя часы идут быстрее таких же часов, покоящихся в его системе отсчета | <input type="checkbox"/> при приближении к скорости света все процессы в инерциальных системах отсчета ускоряются |

14. Разный темп хода времени в разных системах отсчета ...

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> вытекает из специальной теории относительности | <input type="radio"/> вытекает из специальной и общей теорий относительности |
| <input type="radio"/> вытекает из общей теории относительности | <input type="radio"/> не вытекает ни из специальной, ни из общей теорий относительности |

15. Из специальной теории относительности следует, что при приближении скорости движения тела к скорости света ...

- | | |
|--|--|
| <input type="radio"/> его размер в направлении движения и масса тела стремятся к нулю | <input type="radio"/> его размер в направлении движения стремится к нулю, а масса тела становится бесконечно большой |
| <input type="radio"/> его масса стремится к нулю, а размер тела в направлении движения становится бесконечно большим | <input type="radio"/> его размер в направлении движения и масса тела становятся бесконечно большими |

16. Какое утверждение согласуется со специальной теорией относительности?
- масса тела есть величина постоянная, не зависящая от того, по отношению к какой системе отсчета она определяется
 - время течет одинаково в разных системах отсчета
 - тело, обладающее конечной массой, никогда не сможет достичь скорости света
 - предельная скорость распространения какого-либо сигнала может превышать скорость света
17. Современные научные представления, в том числе, и положения специальной теории относительности, не соответствуют требованию ...
- достоверности
 - наглядности
 - математической формы выражения
 - проверяемости практикой
18. В наблюдениях и опытах, подтвердивших релятивистский эффект замедления времени, неподвижная система отсчета была связана с ...
- Солнцем
 - мировым эфиром
 - поверхностью Земли
 - центром Земли
19. Справедливость релятивистского правила сложения скоростей доказал ...
- опыт Майкельсона – Морли
 - фотометрический парадокс
 - опыт Физо
 - «парадокс близнецов»

по теме 2.3

1. Идеализированным объектом ...
- являются инерциальные системы отсчета
 - являются инерциальные и неинерциальные системы отсчета
 - являются неинерциальные системы отсчета
 - не являются ни инерциальные, ни неинерциальные системы отсчета
2. Общая теория относительности является теорией _____ фундаментального взаимодействия.
- электромагнитного
 - гравитационного
 - слабого
 - сильного
3. На принципе дальнего действия ...
- базируется динамика Ньютона и специальная теория относительности Эйнштейна
 - базируется динамика Ньютона
 - базируется специальная теория относительности Эйнштейна
 - не базируется ни динамика Ньютона, ни специальная теория относительности Эйнштейна
4. Принцип эквивалентности справедлив для ...
- инерциальных систем отсчета
 - неинерциальных систем отсчета, движущихся друг относительно друга с постоянным ускорением
 - неинерциальных систем отсчета, движущихся друг относительно друга с переменным ускорением
 - неинерциальных систем отсчета, движущихся произвольно друг относительно друга

5. Сколько существует постулатов общей теории относительности?
- ☐ два
 - ☐ три
 - ☐ четыре
 - ☐ пять
6. Геометрией плоского (неискривленного) пространства является геометрия ...
- ☐ Гаусса
 - ☐ Римана
 - ☐ Евклида
 - ☐ Лобачевского – Больяи
7. Неоднородным искривленное пространство является в геометрии ...
- ☐ Лобачевского
 - ☐ Римана
 - ☐ Гаусса
 - ☐ Минковского
8. Из общей теории относительности следует, что ...
- ☐ массы, создающие поле тяготения, искривляют пространство
 - ☐ пространство-время не зависит от положения и движения тяготеющих масс
 - ☐ пространство вблизи массивных тел описывается геометрией Евклида
 - ☐ в поле силы тяжести время замедляется
9. Согласно общей теории относительности, новое качество пространственно-временного континуума – это его ...
- ☐ относительный характер
 - ☐ неоднородность
 - ☐ изотропность
 - ☐ искривление-замедление
10. Геометрия Римана является _____ общей теории относительности.
- ☐ постулатом
 - ☐ экспериментальным подтверждением
 - ☐ математическим аппаратом
 - ☐ следствием
11. Общее уравнение гравитационного поля Эйнштейна описывает движение материи в _____ пространственно-временном континууме.
- ☐ плоском и искривленном
 - ☐ искривленном и неоднородном
 - ☐ неоднородном и изотропном
 - ☐ изотропном и плоском
12. С увеличением кривизны геодезической линии скорость равномерного движения тела по ней ...
- ☐ уменьшается
 - ☐ увеличивается
 - ☐ изменяется произвольно
 - ☐ остается постоянной
13. Согласно общей теории относительности, движение материальной точки в искривленном пространстве происходит ...
- ☐ по геодезической линии в одном направлении
 - ☐ по геодезической линии в двух противоположных направлениях
 - ☐ между соседних геодезических линий
 - ☐ пересечением сколь угодно большого числа геодезических линий
14. Эффект гравитационного красного смещения следует из ...
- ☐ теории электромагнитного поля
 - ☐ специальной теории относительности
 - ☐ общей теории относительности
 - ☐ теории гравитации Ньютона

15. Какие теоретические следствия общей теории относительности были подтверждены вновь полученными, т.е. осуществлявшимися специально для доказательства её правоты, результатами наблюдений?

- ☐ искривление светового луча в поле тяготения Солнца
- ☐ гравитационное красное смещение
- ☐ прецессия перигелия Меркурия
- ☐ эквивалентность инерционной и гравитационной масс

16. К современному экспериментальному подтверждению эффекта гравитационного красного смещения относится ...

- обнаружение ускоряющегося расширения Вселенной
- различие хода часов, находящихся на разной высоте над Землей
- открытие Галилеем того факта, что тела разного веса падают на Землю одинаково быстро
- отрицательный результат опыта Майкельсона – Морли

17. Какое теоретическое следствие общей теории относительности было подтверждено результатами эксперимента?

- прецессия перигелия Меркурия
- эквивалентность инерционной и гравитационной масс
- искривление светового луча в поле тяготения Солнца
- гравитационное красное смещение

18. Последним по времени практическим подтверждением общей теории относительности является ...

- искривление светового луча в поле тяготения Солнца
- обнаружение гравитационных волн
- гравитационное красное смещение
- смещение (прецессия) перигелия Меркурия

19. Общая теория относительности предсказывает существование во Вселенной сверхмассивных объектов, вблизи которых (на расстоянии гравитационного радиуса) ...

- ☐ пространство и время приобретают относительный характер
- ☐ время меняет направление
- ☐ излучение не может их покинуть
- ☐ время практически останавливается для наблюдателя со стороны

20. Единая теория поля – это попытка объединить _____ и _____ фундаментальные взаимодействия.

- гравитационное и электромагнитное
- электромагнитное и сильное
- сильное и слабое
- слабое и гравитационное

по теме 2.4

1. Свойством симметрии ...

- обладают объекты природы
- обладают законы природы
- обладают объекты и законы природы
- не обладают ни объекты, ни законы природы

2. Синонимом термина «симметрия» является понятие ...

- детерминированность
- эквивалентность
- инвариантность
- нейтральность

3. Укажите верные утверждения:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> симметрия присуща объектам неживой природы | <input type="checkbox"/> асимметрия присуща объектам живой природы |
| <input type="checkbox"/> симметрия присуща объектам живой природы | <input type="checkbox"/> асимметрия присуща объектам неживой природы |

4. Геометрическими симметриями обладают ...

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> объекты природы | <input type="checkbox"/> пространство и время |
| <input type="checkbox"/> законы природы | <input type="checkbox"/> объекты и законы природы |

5. Однородностью, как геометрической симметрией, обладает ...

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> пространство и время | <input type="radio"/> поле и вещество |
| <input type="radio"/> время и поле | <input type="radio"/> вещество и пространство |

6. Свойство (симметрия) пространства, выражающееся (выражающаяся) в том, что при переносе любой материальной системы по любой оси координат на любое расстояние ход любого процесса в этой системе не изменяется, называется ...

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="radio"/> однородностью | <input type="radio"/> изохронностью |
| <input type="radio"/> обратимостью | <input type="radio"/> изотропностью |

7. Согласно законам сохранения, с течением времени не изменяется _____ материальных систем.

- | | |
|--|--|
| <input type="radio"/> количество | <input type="radio"/> внешнее окружение |
| <input type="radio"/> описание поведения | <input type="radio"/> численное значение свойств |

8. Закон сохранения момента импульса ...

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> справедлив для замкнутых систем | <input type="radio"/> справедлив для незамкнутых систем |
| <input type="radio"/> справедлив для замкнутых и незамкнутых систем | <input type="radio"/> не справедлив ни для замкнутых, ни для незамкнутых систем |

9. Импульс тела является количественной характеристикой его _____ движения.

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="radio"/> поступательного | <input type="radio"/> колебательного |
| <input type="radio"/> вращательного | <input type="radio"/> планетарного |

10. Потенциальная энергия частицы – это ...

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> энергия её движения | <input type="checkbox"/> часть её тепловой энергии |
| <input type="checkbox"/> энергия её положения | <input type="checkbox"/> часть её механической энергии |

11. Закон сохранения момента импульса – следствие ...

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> однородности времени | <input type="radio"/> изотропности времени |
| <input type="radio"/> изотропности пространства | <input type="radio"/> однородности пространства |

12. Из изотропности пространства следует закон сохранения ...

- | | |
|--|--|
| <input type="radio"/> механической энергии | <input type="radio"/> момента импульса |
| <input type="radio"/> тепловой энергии | <input type="radio"/> импульса |

13. Симметрия законов физики относительно переноса материальной системы по одной из осей координат означает ...

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> эквивалентность всех точек пространства | <input type="radio"/> эквивалентность всех направлений пространства |
| <input type="radio"/> эквивалентность всех моментов времени | <input type="radio"/> непрерывность пространства |

14. К геометрическим симметриям пространства-времени не относится ...

- ☐ однородность пространства
- ☐ изотропность пространства
- ☐ однородность времени
- ☐ абсолютность времени

15. Одновременно производятся ...

- ☐ непрерывные мысленные преобразования систем макроскопических тел
- ☐ непрерывные мысленные преобразования систем элементарных частиц
- ☐ дискретные мысленные преобразования систем макроскопических тел
- ☐ дискретные мысленные преобразования систем элементарных частиц

16. СРТ-преобразование ...

- ☐ осуществляется по отношению к макроскопическим телам
- ☐ осуществляется по отношению к системам элементарных частиц
- ☐ осуществляется по отношению к макроскопическим телам и к системам элементарных частиц
- ☐ не осуществляется ни по отношению к макроскопическим телам, ни по отношению к системам элементарных частиц

17. Суть теоремы СРТ – доказательство инвариантности законов ...

- ☐ классической механики
- ☐ теории относительности
- ☐ электродинамики
- ☐ квантовой механики

18. К законам сохранения, справедливым для систем элементарных частиц, не относятся законы сохранения ...

- ☐ полной механической энергии
- ☐ электрического заряда
- ☐ барионного заряда
- ☐ импульса

19. По Вейлю, калибруются ...

- ☐ электромагнитное и гравитационное взаимодействия
- ☐ законы квантовой теории поля
- ☐ параметры пространства-времени
- ☐ характеристики элементарных частиц

20. Калибровочной симметрией обладают _____ и _____.

- ☐ пространство и время
- ☐ элементарные частицы
- ☐ уравнения квантовой теории поля
- ☐ поля фундаментальных взаимодействий

21. Первым фундаментальным взаимодействием, для которого было доказано наличие у него калибровочной симметрии, было _____ взаимодействие.

- ☐ гравитационное
- ☐ сильное
- ☐ электромагнитное
- ☐ слабое

22. Какие фундаментальные взаимодействия в настоящее время физики пытаются объединить на базе спонтанного нарушения симметрии?

- ☐ электромагнитное с сильным
- ☐ электрослабое с гравитационным
- ☐ сильное с электрослабым
- ☐ гравитационное с электромагнитным

23. Теория суперсимметрии – это объединенная теория _____ фундаментальных взаимодействий.

- ☐ двух
- ☐ четырех
- ☐ трех
- ☐ пяти

Литература

1. Горбачев В.В. Концепции современного естествознания: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: ООО «Издательство Оникс»: ООО «Издательство «Мир и Образование», 2008. – 704 с.
2. Горелов А.А. Концепции современного естествознания: учебное пособие для академического бакалавриата. – М.: Издательство Юрайт; 2015. – 347 с.
3. Дубнищева Т.Я. Концепции современного естествознания. Учебник под ред. акад. РАН М.Ф. Жукова. – М.: Издательство «Academia», 2009. – 608 с.
4. Канке В.А., Лукашина Л.В. Концепции современного естествознания: Учебник для академического бакалавриата. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 368 с.
5. Концепции современного естествознания / под общей ред. проф. С.И. Самыгина: Учебное пособие. – М.: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: издательский центр «МарТ», 2007. – 240 с.
6. Концепции современного естествознания: учебник для вузов / под общей ред. профессора С.А. Лебедева. – М.: Академический Проект, 2007. – 414 с.
7. Концепции современного естествознания: учебник для бакалавров / под ред. В. Н. Лавриненко. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 462 с.
8. Лихин А.Ф. Концепции современного естествознания: учебник. – М.: ТК Велби, Издательство Проспект, 2015. – 264 с.
9. Найдыш В.М. Концепции современного естествознания: Учебник. – М.: Издательство КноРус, 2018. – 704 с.
10. Под ред. Л.А. Михайлова Концепции современного естествознания: Учебник для вузов. – СПб: Питер, 2012. – 335 с.
11. Романов В.П. Концепции современного естествознания: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2011. – 286 с.
12. Рузавин Г.И. Концепции современного естествознания: учебник. – М.: Проспект, 2017. – 288 с.
13. Савченко В.Н. Начала современного естествознания: концепции и принципы: учебное пособие / В.Н. Савченко, В.П. Смагин – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 608 с.
14. Соломатин В.А. История и концепции современного естествознания: Учебник для вузов. – М.: ПЕР СЭ, 2002. – 464 с.
15. Физика. Большой энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. – 4-е изд. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1988. – 944 с.

ОТВЕТЫ К ТЕСТАМ

Для вопросов тестов, варианты ответов на которые помечены *кружками*, правильным является **один** зачерненный вариант из четырех. Для вопросов тестов, варианты ответов на которые помечены *квадратиками*, правильными являются **два** зачерненных варианта из четырех. Остальные вопросы – на соответствие определения термину или результата автору, и наоборот.

по теме 1.1

1.

<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
5.

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6.

<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7.

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
8.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9.

<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10.



11.



12.



13.



14.



по теме 1.2

1.



2.

1)

2)

3.



4.



5.

4)

2)

3)

1)

6.



7.



8.



9.



10.



11.



12.



13.



14.



15.



16.



17.

- 3)
- 1)
- 4)
- 2)

18.



19.



по теме 1.3

1.



2.



3.



4.



5.



6.



7.



8.



9.



10.



11.



12.



13.



14.



15.



16.



17.



18.



19.



20.



21.



22.



23.



24.



25.



26.



27.



28.



по теме 1.4

1.



2.

○
○

●
○

3.

□
■

□
■

4.

□
■

□
■

5.

○
○

●
○

6.

○
○

●
○

7.

○
○

●
○

8.

○
○

○
●

9.

○
○

●
○

10.

○
○

○
●

11.

□
□

■
■

12.

○
○

●
○

13.



14.



15.



16.



17.



18.



19.



20.



21.



22.



23.



по темам 1.5 – 1.6

1.



2.



3.

2)

1)

3)

4.



5.



6.



7.



8.



9.



10.



11.

-
-

-
-

12.

-
-

-
-

13.

-
-

-
-

14.

-
-

-
-

15.

-
-

-
-

16.

- 3)
- 2)
- 1)

17.

- 3)
- 2)
- 1)

18.

-
-

-
-

19.

-
-

-
-

20.

- 4)
- 1)
- 2)
- 3)

21.

- 2)
- 3)
- 1)

22.

- ☐
- ☒

- ☐
- ☐

по теме 2.1

1.

- 3)
- 4)
- 1)
- 2)

2.

- ☐
- ☐

- ☐
- ☒

3.

- ☐
- ☐

- ☐
- ☒

4.

- ☐
- ☒

- ☒
- ☐

5.

- ☐
- ☒

- ☐
- ☒

6.

- ☐
- ☐

- ☒
- ☐

7.

- ☐
- ☐

- ☒
- ☐

8.

- ☒
- ☐

- ☐
- ☒

9.

- ☐
- ☐

- ☒
- ☐

10.

- ☐
- ☐

- ☒
- ☒

11.

- ☐
- ☐

- ☒
- ☐

12.

- ☐
- ☐

- ☒
- ☐

по теме 2.2

1.

- ☐
- ☒

- ☐
- ☐

2.

- ☒
- ☐

- ☐
- ☐

3.

- ☐
- ☐

- ☒
- ☐

4.

- ☒
- ☐

- ☐
- ☒

5.

- ☐
- ☐

- ☒
- ☐

6.

- ☐
- ☐

- ☐
- ☒

7.

- ☐
- ☒

- ☒
- ☐

8.



9.



10.



11.



12.



13.



14.



15.



16.



17.



18.



19.



по теме 2.3

1.



2.



3.



4.



5.



6.



7.



8.



9.



10.



11.



12.



13.



14.



15.



16.



17.



18.



19.



20.



по теме 2.4

1.



2.



3.



4.



5.



6.



7.



8.



9.



10.



11.



12.



13.



14.

☐
☐

☐
☒

15.

☐
☐

☐
☒

16.

☐
☐

☒
☐

17.

☐
☐

☐
☒

18.

☒
☐

☐
☒

19.

☐
☒

☐
☐

20.

☐
☒

☐
☒

21.

☐
☒

☐
☐

22.

☐
☒

☐
☐

23.

☐
☐

☒
☐

ИВАНОВ ВАЛЕРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**КОНЦЕПЦИИ
СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Курс лекций

(Модули 1 и 2)

Подготовка к изданию:
Кононыхиной М.Д., Кричмар В.В.

Подписано в печать 29.01.2018 г. Формат 60х84/16.
Отпечатано на ризографе.
Уч.-изд. л. 12,74. Усл. печ. л. 9,76.
Заказ № 812. Тираж 30 экз.

Издательство Института экономики и управления ФГБОУ ВО «УдГУ»
426034, г. Ижевск, ул. Университетская 1, корп. 4.